Vytauto Didžiojo Universiteto Matematikos-Gamtos Fakulteto Darbai 1931—1932

Mémoire de la Faculté des Sciences de l'Université de Vytautas le Grand 1931—1932

T. VI

I sąsiuvinys

Matematikos skyrius

Section des Mathématiques

Redaktorius *e. o. prof. A. PURĖNAS*

1931 ∴ ∴ ∴ Akc. „Spindulio" B-vės spaustuvė ∴ ∴ ∴ Kaunas

Vytauto Didžiojo Universiteto Matematikos-Gamtos Fakulteto Darbai 1931—1932

Mémoire de la Faculté des Sciences de l'Université de Vytautas le Grand 1931—1932

T. VI

I sąsiuvinys

Matematikos skyrius

Section des Mathématiques

Redaktorius *e. o. prof. A. PURĖNAS*

1931 ∴ ∴ ∴ Akc. „Spindulio" B-vės spaustuvė ∴ ∴ ∴ Kaunas

P. Slavėnas.

Fotometrinis planetos Urano tyrinėjimas.

Fotometrinių Urano stebėjimų eilė buvo atlikta Yale Universiteto Observatorijoje, New Haven'e, Conn., U. S. A., laikotarpy nuo 1927 m. rugpiūčio mėn. pabaigos iki tų pačių metų gruodžio mėn. vidurio. Stebėjimų apdirbimas užsitęsė iki 1928 m. vasario mėnesio. Svarbesnės darbo išvados buvo paskelbtos trumpame straipsny.[1]) Sugrįžus Lietuvon, autorius jau galutinai sutvarkė ir kiek plačiau išnagrinėjo surinktą stebėjimo medžiagą.

Stebėjimo įrankiai ir darbo apystovos.

Kaipo įrankis planetai Uranui stebėti buvo pavartota trumpo fokuso (423 mm.) fotografinė kamera, padaryta Yale Observatorijoje laikinam išbandymui.

Vėliau, jau 1928 m. pavasarį šita kamera buvo išardyta ir jos vieton buvo padirbtas kitas tobulesnis aparatas.

Panaudotos kameros objektyvas buvo Zeiss'o „Planar'as" su maksimale *šviesos galia* lygia 1:4,5.

Objektyve buvo įtaisyta „Iris'o" diafragma apertūrai reguliuoti. Pati kamera buvo padaryta observatorijos mechaniko, sulig Prof. Dr. F. Schlesingerio ir Dr. J. Schilto nurodymais, ir montuota ant Yale Fotografinės „Katologo Kameros". Kadangi pastaroji kamera buvo skirta darbams tiktai meridiano krypty, taigi nebuvo parūpinta, kad stogas būtų atdaras, reikalui esant, iš bet kurios pusės: stogas buvo „stumiamo tipo" o būdos sienos buvo iškeltos gana aukštai palyginus su instrumentu. Šita ap-

[1]) A Photometric Study of Uranus, Astronomische Nachrichten, Band 233, S. 125—126, 1928.

linkybė neleido daryti stebėjimų toli nuo meridiano, ypač į vakarų pusę, kur buvo nustumiamas stogas. Tačiau darbas neturėjo delei to daug nukentėti, nes stebėjimai, daromieji toli nuo meridiano, yra, bendrai imant, mažos vertės iš priežasties didelių paklaidų ir todel nėra pageidaujami. Stebėjimai tik retkarčiais užsitęsdavo ilgiau kaip keturios valandos vienos nakties bėgyje.

Darant stebėjimus, reikėjo vengti mėnesienos. Kai kurios fotografijos buvo gautos mėnuliui tekant arba jam leidžiantis, apie ką yra pažymėta stebėjimo užrašuose. Šiaip pilno mėnulio (pilnačio) metu stebėjimo darbai buvo nutraukiami kas kartą kelioms dienoms.

Ypatingai didelės reikšmės turėjo geras oras: mažiausias debesuotumas labai daug kenkia stebėjimo tikslumui. Nelaimei New Haven'o oras, kaip ir visur Naujos Anglijos pajūry, yra labai nepastovus. Jis staiga keičiasi, vėjo krypčiai pasikeitus; o tas būna labai dažnai. Daug vakarų buvo veltui sugaišinta observatorijoj laukiant tinkamo oro. Taip pat visa eilė fotografinių plokštelių nuėjo niekais, nes kartais debesiai užeidavo visai staiga ir netikėtai, jau darbui prasidėjus.

Tarp visokių neišvengiamų kliūčių šiame darbe ypač tekdavo susirūpinti rasa, kuri dažnai atsirasdavo kaip tik tuomet, kai permatomumas ėjo geryn. Aparato pagelbinis žiūronas neturėjo vamzdžio (buvo atdaras) ir jo šviesos galia buvo maža. Todel, rasai gausingai krintant, tas „jėškiklis" visai nustodavo veikęs. Tuomet tekdavo visiškai atsisakyti nuo tikslaus kameros vedimo (taikymo) ir pasitikėti vien tik laikrodžiu — varikliu.

Didelės žalos darbui del to neturėjo būti, nes objektyvas buvo tyčia truputį išvestas iš fokuso, ir nebuvo jokio reikalo gauti tiksliai apibrėžtų (definuotų) fotografiškų vaizdų.

Sklaidyta šviesa nuo miesto žiburių per miglą ir per rasos lašelius, susirenkančius ant objektyvo, patekdavo į fotografinę kamerą. Todel visos fotografijos, gautos rasai krintant, pasirodė daugiau ar mažiau pajuodusios.

Stebėjimų sutvarkymas.

Palyginimo tikslu buvo išrinkta žvaigždė 13 Ceti (1900; $\alpha = 0^h\,30^m,1$; $\delta = -4^0\,9'$), nes jos regimas šviesumas yra artimas Urano šviesumui, o jos spektras, tipo G_0, yra artimas Saulės spektrui. Tokiu būdu spalvos skirtumas tarp Urano ir palygini-

mo žvaigždės turėtų būti labai mažas, ir tuo buvo prašalinama selektivios atmosferiškos absorbcijos įtaka.

Kiekvienoj (su maža išimtimi) plokštelėj buvo padaryta aštuonios nuotraukos. Ekspozicijos tęsėsi po 4 minutes kiekviena. Dvi skirtingos aperatūros buvo vartojamos pakaitomis. Jos buvo nustatytos su tokiu apskaičiavimu, kad atatiktų (šviesos kiekio atžvilgiu) vienos žvaigdžių magnitūdos skirtumui. Po kiekvienos nuotraukos plokštelės dėžutė (kaseta) buvo nustumiama kokią porą milimetrų tam tikslui pritaisyto sraigto pagalba. Kamera buvo pakreipiama taip, kad plokštelės centras patektų tarp Urano ir palyginimo žvaigždės vaizdų. Po pirmų keturių nuotraukų fotografinė plokštelė buvo apverčiama kasetoj tokiu būdu, kad paskutiniai keturi Urano vaizdai patektų greta pirmutinių palyginimo žvaigždės vaizdų ir atbulai: paskutiniai palyginimo žvaigždės vaizdai — greta pirmutinių Urano vaizdų. Toks sutvarkymas sumažina *fotografinės plokštelės paklaidas,* t. y. tas paklaidas, kurios pareina nuo nevienodo fotografinės emulsijos jautrumo, nuo nevienodo ryškinimo (gaivinimo) ir kitų panašių apystovų.

Tabelė I paduoda stebėjimų sąrašą. Pirmoje skiltyje nurodyti plokštelių numeriai. Pirmos dvi plokštelės, Nr. 1 ir 2, buvo atmestos, kaipo netinkamos, tuojau po ryškinimo. Vėliau panašiuose atsitikimuose plokštelės nebuvo numeruojamos.

Antra skiltis paduoda stebėjimų pradžią ir galą Greenwich'o pilietišku laiku. Toliau pažymėtas žvaigdžių ryškumas (seeing) stebėjimo metu, vartojant tris pažymėjimus: *g* — geras, *f* — vidutinis ir *p* — blogas. Ketvirtoj skiltyj randasi optinės ašies zenitinis nuotolis, atskaitytas su pagelba tam tikslui pritaisyto transportiro su svambalu. Penkta skiltis nurodo eilės numerius, su kuriais atatinkamas stebėjimas figuruoja tabelėse II, III ir IV. Pagaliau, eina pastabos, padarytos stebėjimo metu.

Fotografijų matavimas.

Fotografiniams vaizdams matuoti buvo panaudotas Schilto mikrofotometras, paties D-ro Schilto padarytas Yale observatorijoj. Aparato principas gana nesudėtingas. Elektrinės lemputės šviesa, keliais optiniais lęšais sukaupta, pereina matuojamąją plokštelę ir patenka ant mažos, bet labai jautrios termobaterijos. Elektros srovė eina per galvanometrą su veidrodėliu. Atskaitymai daromi su skale ir žiūronu. Fotografinę plokštelę galima judinti jos plokštumoje dviejų sraigtų pagelba. Kuomet žvaigždės, arba pla-

netos, vaizdas patenka tarp lemputės ir termobaterijos į šviesos spindulį, tai galvanometro veidrodėlis tuoj pasisuka. Pasisukimo kampas, arba šiaip skalės atskaitymas, suteikia matą vaizdo intensivumui išreikšti.

Schilto mikrofotometras yra sudarytas taip, kad galvanometro skalės atskaitymas, fotografinio vaizdo užvedimas ir visa eilė kitų veiksmų atliekama su tuo pačiu žiūronu. Dėka tam tikram, gana paprastam, optiškam įrengimui stebėtojas mato žiūrone iš karto:

1) tyrinėjamąją fotografinės plokštelės dalį,

2) žvaigždės (arba planetos) vaizdo šešėlį ant termobaterijos,

3) galvanometro skalę ir

4) skalę, rodančią vieną žvaigždės vaizdo koordinatą (fotografinėj plokštelėj).

Tokiu sutvarkymu pasiekiamas didelės matavimo greitumas ir patogumas[2]).

Ankstivesnių matavimų daviniai randasi tabelėj II. Pirma skiltis duoda eilės numerį, antra — matavimo laiką, trečia — plokštelės numerį. Patys matavimo daviniai, suvesti į artimesnius vidurkius, yra paduoti 4 — 11 skiltyse. Matavimo vienetas yra dešimtoji dalis vieno skalės padalinimo. Kiekviena iš skilčių Nr. 4 — 11 yra atatinkamai pažymėta. Raidė *U* reiškia Uraną, *S* — palyginimo žvaigždę (13 Ceti); indeksai 1 ir 2 nurodo stebėjimo pusę, kurioje atatinkami fotografiniai vaizdai buvo gauti; apostrotas žymi sumažintą apertūrą.

Lygiagrečiai su šitais matavimais Dr. Schiltas naudojosi mikrofotometru saviems tyrinėjimams. Per visą tą laiką aparatas buvo nevieną kartą iš naujo reguliuojamas, taisomas ir tobulinamas. Todel atskiri matavimai skiriasi tarp savęs tikslumo atžvilgiu ne tik dėl skirtingos plokštelių kokybės, bet taip pat dėl nevienodo mikrofotometro jautrumo atskirose dienose.

Pagaliaus, apie 1928 m. sausio 10 d., darant įvairias manipuliacijas su mikrofotometru, pavyko pasiekti žymiai didesnio jautrumo, negu buvo iki to. Tada buvo atliktas naujas plokštelių matavimas, kurio daviniai yra paduoti atskirai tabelėj III. Šiam kar-

---

[2]) **Pilnas Schilto mikrofotometro aprašymas randasi straipsny: „Description of the new thermopile-microphotometer of the Leiden Obsevatory", by Jan Schilt, Bulltetin of the Astronomical Institutes of Netherlands, Volume II, p. p. 134—139.**

tui visa eilė pajuodusių arba abejotinų plokštelių buvo atmesta. Likusios plokštelės buvo sumaišytos, prieš matavimą, kaip kortos. Tai buvo padaryta tuo tikslu, kad problematiška paklaida, kuri galėtų būti surišta su matavimo eiga, nebūtų koreliuota su stebėjimo data. Tabelė III savo sutvarkymu yra visai panaši į tabelę II išskirus paskutinias skiltis Nr. 14 — 16, užimtas redukcijos daviniais.

Vėliau, tyrinėjant gautą medžiagą, kilo spėjimas, kad palyginimo žvaigždė, 13 Ceti, galėtų būti visai netikėtai *kintamoji* žvaigždė su nedidele šviesumo keitimosi amplitūda. Dalykui išaiškinti buvo padaryta nauja matavimų eilė, paduotoji tabelėj IV.

Šį kartą palyginimo tikslu buvo panaudotos žvaigždės:

4 Ceti ($\alpha = 0^h\,2^m{,}6$, $\delta = -3^0 6'$, 1900) ir
14 Ceti ($\alpha = 0^h\,30^m{,}4$, $\delta = \quad 1^0 4'$, 1900)

pažymėtos tabelėje raidėmis S_1 ir S_2. Šito kontrolinio matavimo tikslumas turėjo būti palyginant labai žemas, nes Urano ir naujų dviejų palyginimo žvaigždžių vaizdai jau nebebuvo taip tinkamai sugrupuoti fotografinėse plokštelėse, kaip tai buvo su pirmutine palyginimo žvaigžde S (13 Ceti). Todel kontroliniam matavimui buvo pavartotos tik geresnės, rinktinės plokštelės, Tabelė IV, sutvarkymo atžvilgiu, yra visai panaši į tabeles II ir III.

Matavimų redukcija.

Fotometrinės redukcijos tikslas yra surasti, besinaudojant gautais mikrofotometro atskaitymais, šviesos skirtumą tarp Urano ir palyginimo žvaigždės, ir išreikšti tą skirtumą atainkamais vienetais — žvaigdžių *magnitūdomis*.

Turime galvoj, kad Urano ir palyginimo žvaigždės vaizdai randasi fotografinėj plokštelėj dviem grupėmis, ir kad kiekvienos plokštelės fotografavimas susidėjo iš dviejų dalių: prieš ir po plokštelės apvertimo. Vienoje grupėje (vadinkime ją I-ąja grupe) turime pirmutinius Urano vaizdus ir paskutinius palyginimo žvaigždės vaizdus, o kitoje (antrojoje) grupėje — atvirkščiai.

Galvanometro atskaitymas D yra funkcija magnitūdos m. Kadangi magnitūdų keitimosi intervalas mūsų nagrinėjamoj problemoj yra mažas, tai galime išdėstyti funkciją.

$$D = D(m)$$

laipsnine eilute ir atmesti visus narius virš antrojo laipsnio. Tokiu būdu gauname apytikriai

(1) $$D = a_0 + a_1 m + a_2 m^2.$$

Kiekvienoje fotografinių vaizdų grupėje turime keturias matavimo davinius — keturius aritmetinius vidurkius

$$U, U', S \text{ ir } S'.$$

Tegu δ yra magnitūdų skirtumas tarp Urano ir palyginimo žvaigždės,

$$\delta = m_u - m_s,$$

ir tegu Δ yra magnitūdų skirtumas tarp sumažintos ir padidintos objektivo apertūrų. Tada

$$\begin{aligned} U &= a_0 + a_1 m_u + a_2 m^2_u, \\ U' &= a_0 + a_1 (m_u + \Delta) + a_2 (m_u + \Delta)^2, \\ S &= a^0 + a_1 m_s + a_2 m^2_s, \\ S' &= a_0 a_1 (m_s + \Delta) + a_2 (m_s + \Delta)^2. \end{aligned}$$

Prašalinant a_0, a_1 ir a_2, *gauname*

(2) $$\delta = \Delta \frac{(U' - S) - (S' - U)}{(U' - S) + (S' - U)}$$

Kaip jau buvo anksčiau minėta, apertūros dydžiai buvo nustatyti tokiu išskaičiavimu, kad Δ būtų artima vienos magnitūdos skirtumui. Todel galime laikyti:

$$\Delta = 1.$$

Taikydami formulą (2) kiekvienai grupei skyrium, gauname du reiškiniu:

(3) $$\delta_1 = \frac{(U'_1 - S_2) - (S'_2 - U_1)}{(U'_1 - S'_2) + (S'_2 - U_1)}, \quad \delta_2 = \frac{(U'_2 - S'_1) - (S'_1 - U_2)}{(U'_2 - S_1) + (S'_1 - U_2)}$$

Ieškomą reikšmę δ gauname, imdami, kaipo tinkamiausį dydį, aritmetinį vidurkį

(4) $$\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}$$

Šita redukcijos schema tinka net tokiame atvejuje, kuomet kiekviena fotografinių vaizdų grupė yra matuojama nepriklausomai viena nuo kitos.

Jeigu prileisime, kad funkcija $D\ (m)$ galioja toje pat formoje (1) per visą fotografinę plokštelę; kitaip sakant, jeigu koeficientai a_0, a_1, ir a_2 yra pastovūs visoje plokštelėje, tai redukcijos schema gali būti žymiai apibendrinta.

Iš viso dėl kiekvienos plokštelės turime 8 stebėjimo davinius:

$$U_1, U_2, U'_1, U'_2, S_1, S_2, S'_1, S'_2.$$

Skirtumai tarp šitų dydžių pareina nuo ankščiau definuotų argumentų δ ir Δ; be to prisideda:

τ — magnitūdų skirtumas tarp dviejų stebėjimo pusių ir

μ — magnitūdų skirtumas tarp dviejų fotografinės plokštelės dalių.

Praktinės fotometrijos atžvilgiu dydžiai τ ir μ gali būti plačiai aiškinami. Taip τ pareina nuo atmosferos skaidrumo keitimosi laike observacijos, kuri tęsėsi paprastai apie 40 minučių, — nuo rasos, krintančios ant objektyvo, — nuo plokštelės jautrumo keitimosi išsklaidytos šviesos įtakoje ir t. p. Skirtumas μ gali būti surištas su fotografinės emulsijos nevienodumu, su ryškinimo trūkumais ir panašiomis priežastimis.

Imant domėn visus keturius argumento skirtumus δ, Δ, τ ir μ ir padedant, paprastumo dėliai, $m_s = 0$ galime rašyti:

$$\begin{aligned} U_1 &= D\ (\delta), & S_1 &= D\ (\mu), \\ U_1' &= D\ (\delta+\Delta), & S_1' &= D\ (\mu+\Delta), \\ U_2 &= D\ (\delta+\tau+\mu), & S_2 &= D\ (\tau), \\ U_2' &= D\ (\delta+\tau+\mu+\Delta), & S_2' &= D\ (\tau+\Delta) \end{aligned}$$

Besinaudodami reiškiniu (1) ir kombinuodami visas aštuonias lygtis tokiu pat būdu, kaip buvo daroma, išvedant formulas (2) ir (3), gauname, kad

$$\delta_1 = \delta - \tau \quad \text{ir} \quad \delta_2 = \delta + \tau;$$

todel

$$(5) \qquad \delta = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}, \quad \tau = \frac{\delta_2 - \delta_1}{2}.$$

Be to galime sudaryti dar tokiu du reiškinius:

$$(3') \qquad \delta_1' = \delta - \mu = \frac{(U_1' - S_1) - (S_1' - U_1)}{(U_1' - S_1) + (S_1' - U_1)},$$

$$\delta_2' = \delta + \mu = \frac{(U_2' - S_2) - (S_2' - U_2)}{(U_2' - S_2) + (S_2' - U_2)},$$

iš kur

$$(5') \qquad \delta = \frac{\delta_1' + \delta_2'}{2}, \quad \mu = \frac{\delta_2' - \delta_1'}{2}.$$

Formulos (5') suteikia tokią pat reikšmę dėl δ, kaip ir formulos (5), tiktai su ta sąlyga, kad reiškinys (1) yra pakankamai tikslus. Abidvi redukcijos schemos (5) ir (5') buvo pavartotos, apskaičiuojant tabelės III davinius, tikslu išnagrinėti stebėjimo tikslumą. Reikšmė δ gauta iš formulos (5') čia yra pažymėta apostrofu,

$$\frac{\delta_1' + \delta_2'}{2} = \delta'$$

Apskaičiuojant kontrolinius matavimus, paduotus tabelėje IV, Urano ir dviejų palyginimo žvaigdžių vaizdai buvo sugrupuoti tokiu būdu, kad į vieną (sakysime, pirmą) grupę pateko:

1) pirmutiniai Urano vaizdai,
2) pirmutiniai žvaigždės S_1 vaizdai ir
3) paskutiniai žvaigždės S_2 vaizdai.

Likusiai vaizdai sudarė antrą grupę.

Redukcija buvo padaryta dėl kiekvienos palyginimo žvaigždės atskirai, pasinaudojant formulomis (3) ir (4). Tokiu būdu buvo gauti magnitūdų skirtumai, $U - S_1$ ir $U - S_2$, tarp Urano ir kiekvienos iš dviejų palyginimo žvaigdžių. Šių dviejų skirtumų aritmetinis vidurkis, pažymėtas raide U, randasi skiltyje Nr. 16 tabelės IV.

Svarbu surasti vidutinės paklaidos reiškinį. Grįžus prie formulų (3) ir (4), įvesime pažymėjimus

$$(6) \qquad A = U_1' - S_2, \quad A' = U_2' - S_1$$
$$B = S_2' - U_1, \quad B' = S_1' - U_2$$

Tokiu būdu

$$\delta = \frac{1}{2}\left(\frac{A - B}{A + B} + \frac{A' - B'}{A' + B'}\right)$$

Tegu ε yra vidutinė paklaida kiekvieno iš keturių dydžių A, B, A' *ir* B'. Tuomet viso reiškinio δ vidutinė paklaida ε_δ gali būti išreikšta apytikre formula

$$\varepsilon_\delta^2 = \left[\left(\frac{\partial\delta}{\partial A}\right)^2 + \left(\frac{\partial\delta}{\partial B}\right)^2 + \left(\frac{\partial\delta}{\partial A'}\right)^2 + \left(\frac{\partial\delta}{\partial B'}\right)^2\right]\varepsilon^2, \tag{7}$$

iš kur gauname

$$\varepsilon_\delta^2 = \frac{1}{2}\left[\frac{1+\delta_1^2}{(A+B)^2} + \frac{1+\delta_2^2}{(A'+B')^2}\right]\varepsilon^2 \tag{8}$$

Įvedus pažymėjimą

$$\frac{1}{k^2} = \frac{1}{2}\left[\frac{1+\delta_1^2}{(A+B)^2} + \frac{1+\delta_2^2}{(A'+B')^2}\right], \tag{9}$$

turime

$$\varepsilon_\delta = \frac{\varepsilon}{k}. \tag{10}$$

Dydis k priklauso nuo plokštelės kokybės ir nuo mikrofotometro jautrumo. Vidutinė paklaida kiekvieno iš aritmetinių vidurkių U_1, U_2, S_1 ir pan., yra lygi $\varepsilon/\sqrt{2}$, o vidutinė paklaida kiekvieno atskiro vaizdo matavimo yra lygi vėl ε. Tokiu būdu ε yra vidutinė vieno fotografinio vaizdo paklaida, daroma matuojant mikrofotometru.

Jei ε būtų tas pats dėl visų padarytų matavimų, tai vienos plokštelės matavimo svoris būtų griežtai proporcingas k^2. Tikrumoje to nėra, nes ε turi būti didesnis, kuomet mikrofotometras yra jautresnis ir atbulai. Tačiau matavimo svoris visvien turi būti didesnis, kuomet k yra didesnis. Todel galima žiūrėti į k, kaipo į matą atskiro matavimo tikslumui įvertinti. Apytikrė reikšmė 0,01 k yra paduota tabelėse II ir III skiltyje Nr. 12.

Galima būtų bandyti apskaičiuoti ε iš sulyginimo atskirų vaizdų. Kiekvienoj plokštelėj randasi 16 fotografinių vaizdų, kurie yra suskirstomi į 8 poras. Kiekvienoj poroj stebėjimo objektas, apertūra ir plokštelės dalis yra tie patys. Pažymėkime mikrofotometro atskaitymų skirtumus tose porose

$$d_1, d_2, \ldots, d_8.$$

Tuomet reiškinys

$$\varepsilon_0^2 = \frac{1}{16}\sum d^2 \tag{11}$$

galėtų duoti apytikrę paklaidos ε reikšmę.

Tikrumoje turi būti

$$\varepsilon_0 < \varepsilon,$$

nes matavimo paklaida priklauso nuo būdo, kuriuo stebėtojas „užveda" matuojamą vaizdą mikrofotometre; tokios rūšies paklaida sistematingai pasikartoja, einant nuo vieno vaizdo prie kito analogiško vaizdo, ir todel į reiškinį ε neįeina. Iš to matome, kad tasai reiškinys (11) neįstengia tinkamai nurodyti vidutinės paklaidos ε didumo.

Kontrolinis skaičiavimas, atliktas su formulomis (3') ir (5'), kaip matyti iš tabelės III (skiltys Nr. 15 ir 16), rodo; kad reikšmės ε paklaida, pareinanti nuo redukcijos formulų apytikrumo, yra visai maža.

Stebėjimų pataisos.

Urano šviesos keitimuisi ištirti reikia įvesti kai kurios pataisos stebėjimo daviniuosna.

Nagrinėjant išorinių (arba „aukštutinių") planetų šviesumą, paprastai yra priimta privesti (redukuoti) regimąjį šviesumą prie vadinamos *vidutinės opozicijos,* kitaip tariant prie tokios (idealios) padėties, kuomet Žemės, o taipogi nagrinėjamos planetos atstumai nuo Saulės įgyja savo vidutinės reikšmės, ir kuomet Žemė randasi tiesiai tarp planetos ir Saulės.

Fazės įtaka Urano nuotiky yra labai nežymi ir todel gali būti ignoruota[3]).

Regimas Urano šviesumas, išreikštas magnitūdomis, yra

$$M = g + 5(\log\Delta - \log r), \tag{12}$$

kur

Δ yra geocentrinis Urano tolumas,
r yra heliocentrinis Urano tolumas,
g yra konstanta, kurios reikšmė čia nėra svarbi.

---

[3]) G. Müller, Die Photometrie der Gestirne, Leipzig, 1897, S. 402.

Panašiai, regimas Urano šviesumas vidutinėj opozicijoj yra

$$\bar{M} = g + 5[\log(a-1) - \log a], \tag{13}$$

kur a yra Urano orbitos didžioji pusiau ašis, išreikšta astronominiais vienetais. Ieškoma šviesumo pataisa gaunasi atimant (12) iš (13):

$$\bar{M} - M = 5[\log(a-1) - \log\Delta + \log r - \log a]. \tag{14}$$

Kiekvieno stebėjimo laikas, kitaip tariant vidutinis plokštelės fotografavimo momentas, buvo išreikštas *Julianiškomis dienomis*, skaitant *vidutiniu Greenwich'o laiku*.

Tyrinėjimo pradžioje heliocentrinė laiko redukcija nebuvo įvesta. Vėliau, kuomet kilo mintis, kad palyginimo žvaigždė 13 Ceti galėtų būti kintamoji žvaigždė, toki redukcija pasidarė reikalinga. Stebėjimo datos pataisa dėl šviesos greitumo bet kuriai kintamai žvaigždei yra:

$$T_\odot - T = -0^d{,}00573\, R \cos\beta \cos(\odot - \lambda), \tag{15}$$

kur

T yra registruotas stebėjimo laikas,

$T_\odot$ — heliocentrinis laikas,

R — Žemės atstumas nuo Saulės,

β ir λ — kintamos žvaigždės platumas ir ilgumas, ir

$\odot$ — Saulės ilgumas.

Analogiška pataisa dėl bet kurios planetos turi kitokią formą, būtent:

$$T'_\odot - T = 0^d{,}00573\,(r - \Delta), \tag{16}$$

kur r ir Δ yra jau definuoti dydžiai (žiūr. formulą (12).

Visos trys pataisos, $\bar{M} - M$, $T_\odot - T$ ir $T'_\odot - T$ yra paduotos tabelėj V. Pataisa $T'_\odot - T$ paprastai niekuomet nėra vartojama, nes Urano šviesos keitimasis, jeigu ir įvyksta tikrumoje, visvien nėra staigus, ir todel didelis stebėjimo momentų tikslumas nėra reikalingas. Tačiau, kaip matome iš tabelės V, ši pataisa yra labai artima pataisai $T_\odot - T$ ir todel pilnai gali atstoti pastarąją nuotiky, jei palyginimo žvaigžde 13 Ceti tikrai pasirodytų kintamoji.

Stebėjimų atranka.

Jau tyrinėjimo pradžioje buvo pastebėtas didelis stebėjimo medžiagos nevienodumas tikslumo atžvilgiu. Tuo tarpu didelis tikslumas ir visų stebėjimų vienodumas yra būtinos sąlygos Urano šviesos keitimuisi susekti. Priešingame atvėjuje tikros šviesumo atmainos gali tartum paskęsti stebėjimo paklaidose, jei tikrojo šviesos keitimosi amplitūda yra maža.

Kad prieiti sprendžiamą atsakymą, reikėjo visų pirma nuvalyti stebėjimo medžiaga nuo abejotinų davinių, kurie galėtų tiktai suklaidinti.

Matuojant pirmą kartą fotografines plokštelės, paaiškėjo, kai kurios iš jų buvo menkos vertės iš priežasties rasos ir rūko arba šiaip turėjo trūkumus. Tokiu būdu plokštelės Nr. 4, 5, 6, 17, 18, 20, 21, 31, 43, 48, 49, 50, 67, 68, 69, ir 74 buvo atmestos ir tolimesnių matavimų neperėjo. Likusios plokštelės (59) buvo matuotos daugiau, kai kurios net kelis kart.

Matavimo daviniai yra labai nevienodo tikslumo, ir kol jų svoris nėra nustatytas, nėra pageidaujama juos sujungti vidurkiais. Sistematinės paklaidos atskirose matavimų grupėse yra pilnai galimos. Todel, ieškant šviesos keitimosi periodo, buvo panaudota tiktai geresni matavimai, tilpę tabelėje III. Galima manyti, kad paties matavimo įrankio (mikrofotometro) tikslumas buvo tą kartą (gaunant tabelės III medžiagą) pakankamai pastovus; todel skirtumai tarp įvairių reikšmių k (12-oji skiltis) pareina vien tik nuo plokštelių. Tokiu būdu k gali būti laikomas, kaipo matas plokštelei įvertinti. Kitos panašios rūšies požymis yra τ, nurodanti skirtumą tarp δ, ir δ_2. Visi nuotikiai, kur τ yra normaliai didelė, turi būti laikomi abejotini. Dar didesnę abejonę sukelia stebėjimai, kuriuose redukcijos formulos (5) ir (5') duoda skirtingas reikšmes δ.

Tabelėj VI randasi galutinė stebėjimo davinių santrauka. Pirmoje skiltyje yra plokštelių numeriai; antroje — heliocentrinis stebėjimo laikas, išreikštas julianiškomis dienomis (vidutinių Grenwich'o laiku) ir išskaičiuotas su pataisa $T'\odot - T$ pagal tabelę V. Trečioje skiltyje yra nurodytas magnitūdų skirtumas tarp Urano ir 13 Ceti, paimtas iš tabelės III ir privestas sulig formula (14) prie vidutinės opozicijos.

Dėl visų paimtų tabelėje VI stebėjimų reikšmė $\bar{U}$ svyruoja ribose 0.40 magnitūdos. Suskirstymo kreivė (brėžinys I) rodo, kad vidutinė stebėjimo paklaida nėra maža palyginus su tikraja šviesos keitimosi amplitūda. Todel abejotinų stebėjimų pašalinimas virto būtinas.

Visų pirma buvo atsižvelgta į stebėjimų užrašus (Tabelė I). Plokšteles NN. 19, 42 ir 75, kurių gavimo metu rodėsi debesiai, buvo iš tolimesnių tyrinėjimų pašalintos.

Toliau, reikėjo pašalinti stebėjimai, del kurių k buvo permaža. Šiam tikslui buvo sustatyta suskirstymo diagrama (brėžinys II), kurioje kiekvienas stebėjimas yra pažymėtas tašku, imant $\bar{U}$ kaip abscisę, o 0,01 k ordinatę. Mažiausia leistina reikšmė k buvo nustatyta tuo sumetimu, kad stebėjimų išsisklaidymas būtų žymiai sumažintas, bet atmestųjų stebėjimų skaičius būtų kuomažiausias. Išeinant iš to, buvo sudarytas kriterijas:

$$0.01\ k > 5; \tag{17}$$

visi stebėjimai, neatatikę jam, buvo atmesti.

Stebėjimai padaryti laikotarpy J . D . 2425150 — 156, bendrai imant, pasirodė žemos kokybės; stebėjimo užrašuose tomis dienomis buvo pažymėta gausinga rasa. Todel stebėjimai 29 ir 32, nors išlikę po kriterijo (17), buvo taip pat atmesti.

Tokiu būdu užsiliko 40 stebėjimų. Dėl visų jų kaip galima matyti iš tabelės III, τ ir μ yra maži, o reikšmė $\delta - \delta'$ visai nežymi.

Dėl rinktinių stebėjimų buvo apskaičiuotos vidutinės kvadratiškos reikšmės dydžiu τ ir μ

$$\text{vid. kvadr. reikšmė } \tau = \pm 0.055 \text{ magn.}$$
$$\text{„ „ „ } \mu = \pm 0{,}128 \text{ „}$$

Pastarasis iš šių dviejų skaičių yra paprasta fotografinė plokštelės paklaida (plate error), pilnai prašalinta dėka stebėjimo metodui. Dydžio τ kilmė pasilieka neaiški. Jo interpretacija, duotoji sudarant formulas (5), nėra pakankama, nes besiremiant vien tik ja, galima laukti daug mažesnių reikšmių, negu pasirodė tikrumoje. Verčiau yra manyti, kad τ išreiškia, bent savo didele dalimi, įvairias pripuolamas paklaidas, kurių šiam tyrinėjimui pa-

vartotas metodas nestengia susekti ir pašalinti. Todel apskaičiuotas dėl τ, kvadratiškas vidurkis,

$$\pm 0.055 \text{ magn.}$$

gali būti artimas vidutiniai vieno stebėjimo paklaidai.

Šviesos kreivės.

Šviesumo keitimosi periodiškumas buvo ieškotas bandymo būdu su pagelba elektriškai varomos skaičiavimo mašinos. Dėl įvairių hipotetiškų periodo reikšmių buvo sudaromos *šviesos kreivės*. Atskiri stebėjimai buvo grafiškai sujungiami po keturius į „normales vietas", per kurias jau buvo tiesiama kreivė. Buvo leista, kad tikra periodo reikšmė turi duoti kreivę, kiek panašią į sinusojidą. Atvirkščiai, kreivė neaiškios arba painios formos, buvo laikoma netikro periodo požymiu.

Sekmingiausiuose nuotykiuose buvo svarstoma vidutinis stebėjimo davinių atsilenkimas nuo vidutinės (sudarytos iš *normalių vietų)* kreivės. Tokio vidutinio atsilenkimo mažumas, lygiai kaip ir aiški šviesos kreivės forma, turėtų nurodyti tikrą periodiškumą.

Nežiūrint gausingų bandymų, autoriui nepavyko surasti tinkamo periodo iš davinių $\bar{U}$ (3-oji skiltis, tabelė VI). Todel kilo spėjimas, kad žvaigždė 13 Ceti nėra pastovi, ir tuomet buvo atliktas, jau minėtas, kontrolinis matavimas (Tabelė IV), besinaudojant dviem papildomai išrinktomis palyginimo žvaigždėmis. Šitie matavimo daviniai, privesti su formula (14) prie vidutinės Urano opozicijos, randasi 4-toje skiltyje tabelės VI; jiems pažymėti vartosime raidę $\bar{U}'$.

Kaip rodo brėžinys III, dydžiai $\bar{U}$ ir $\bar{U}'$ yra silpnai koreliuoti. Šita aplinkybė pasisako naudai hipotezės apie žvaigždės 13 Ceti kintamumą. Jei šita hipotezė pasirodytų teisinga, tai skirtumas

$$\bar{U}' - \bar{U} = \bar{S}$$

turėtų išreikšti reliatyvų žvaigždės 13 Ceti šviesumą. Reikšmės $\bar{S}$ randasi 5-oje skiltyje tabelės VI.

Tokiu būdu periodiškumų ieškojimas skilo į du nepriklausomu uždaviniu; reikėjo tyrinėti

a) Urano periodiškumas iš davinių $\bar{U}'$ ir

b) žvaigždės 13 Ceti periodiškumas iš $\bar{S}$.

Vėl buvo brėžiama šviesos kreivės dėl įvairių hipotetiškų periodų. Iš tų kreivių dėl kiekvienos stebėjimo datos buvo atskaitomos Urano, o taip pat žvaigždės 13 Ceti, „normalios" magnitūdos, kurias pažymėsime simboliais $\tilde{U}$ ir $\tilde{S}$; šitos „teoretiškos" magnitūdos buvo paskui atimamos iš $\bar{U}$. Tokiu būdu buvo gautos problematiškos magnitūdos vien tik Urano

$$\tilde{U}' = \bar{U} - \tilde{S},$$

ir vien tik palyginimo žvaigždės 13 Ceti

$$\tilde{S}' = \tilde{U} - \bar{U}$$

Dydžiai $\tilde{U}$ ir $\tilde{S}$ buvo užnešami ant diagramų pagal bandomus periodus, ir gaunamos tokiu būdu kreivės buvo palyginamos su kreivėmis, anksčiau gautomis dėl $\bar{U}'$ ir $\tilde{S}$. Atatinkamų kreivių panašumas, o taip pat vidutinio kvadratiško atsilenkimo (nuo vidutinės kreivės) mažumas rodė bandomųjų periodų tinkamumą.

Po skaitlingų bandymų buvo pagaliaus apsistota ant sekančių periodų:

Urano periodas (iš U') $P_u = 0^d.4497$
13 Ceti „ (iš $\bar{S}$) $P_s = 0^d.4692$

Šviesumo keitimosi fazės, apskaičiuotos sulig šitais periodais ir išreikštos dešimtainėmis paros dalimis randasi 7-oje ir 8-oje tabelės VI skiltyse. Šviesos kreivės yra brėžiniuose IV ir V. Atskri stebėjimai juose pažymėti taškais, o normalios vietos — apskritimais. Abiejose kreivėse nulinių fazių epocha yra

$$E_0 = \text{J. D. } 2425170.0$$

Problematiškas Urano periodas $P_u = 0^d.4497$ labai gerai sutinka su Lowell'io ir Slipher'io susektu Urano sukimosi periodu.[4]). Svarbu pabrėžti, kad šita reikšmė dėl P_u buvo išrinkta visai neatsižvelgiant į svetimus tyrinėjimus. Patsai periodo ieškojimo būdas buvo griežtai mechanizuotas ir todel apsaugojo nuo galimumo sekti (nors ir nesąmoningai) svetimas išvadas.

Iš kitos pusės, metasi akysna, kad Urano šviesos amplitūda visai maža — nedidesnė kaip 0.08 magnitūdos.

[4]) Lowell Observatory Bulletin Nr. 53.

Lietuvos TSR VALSTYBINĖ BIBLIOTEKA 679655

Šita aplinkybė, kartu su abejonėmis dėl žvaigždės 13 Ceti, verčia tuo tarpu susilaikyti nuo bet kurių kategoriškų išvadų. Daugumas neaiškumų išnyks savaime, kuomet žvaigždė 13 Ceti bus pakankamai ištirta.

Todel tabelės II daviniai paliekami neišnaudoti: tuo tarpu jie gali tarnauti patikrinimo tikslui. Jei ateityje pavyks prašalinti minėtus neaiškumus, tai tuomet bus galima tiksliai nustatyti matavimų svorius ir sujungti visus ankstyvesnius matavimus su tabelės III daviniais. Toks procesas be abejo sumažins vidutinę stebėjimų paklaidą.

Jei pasirodytų, kad žvaigždė 13 Ceti yra visiškai pastovi, tai šiuo atveju skirtumo $\bar{U}' - \bar{U} = \bar{S}$ išsisklaidymas yra vien tik paklaidų padarinys. Apskaičiuojant vidutinį kvadratišką išsisklaidymą, gauname $\pm$ 0.076 magnitūdos. Dalindami šitą skaičių iš $\sqrt{2}$, gauname $\pm$ 0.054 magn.;
tokia apytikriai turėtų būti vidutinė davinių U' ir $\bar{U}$ paklaida šiame problematiškame nuotiky — su sąlyga, kad dydžių $\bar{U}$ ir $\bar{U}'$ paklaidos yra tarp savęs nepriklausomos.

Imdami vidutinį kvadratišką išsisklaidymą del $\bar{U}$ ir $\bar{U}'$, gauname atatinkamai

$$\pm 0.061 \text{ ir } \pm 0.063.$$

Išeina, kaip ir reikėjo laukti, $\bar{U}$ yra kiek tikslesnė už $\bar{U}'$; tačiau skirtumas tikslumo atžvilgiu nėra didelis. Todėl, nagrinėjant Urano šviesumą, vertėtų pasinaudoti aritmetišku vidurkiu

$$\frac{\bar{U}+\bar{U}'}{2} = \bar{U}''.$$

Šiems naujiems daviniams (žiūr. 6-ją skiltį tabelės VI) netinka nei vienas iš dviejų surastų periodų (P_u arba P_s) Visos pastangos patenkinamai šviesos kreivei surasti buvo be pasekmės.

Iš visų išbandytų periodų daviniams $\bar{U}''$ geriausiai tiko

$$P' = 0^d.4479,$$

kuris leidžia sudaryti jei nevisai paprastą, tai bent kiek aiškią kreivę.

Šiam periodui fazės yra duotos 9-oje skiltyje tabelės VI, o šviesos kreivė — 6-ame brėžiny.

Galima būtų daryti daugiau bandymų su esama medžiaga ir išnagrinėti visą eilę įvairių galimybių. Tačiau toks darbas galės būti atliktas daug lengviau ir tiksliau ateityje, kuomet daugiau susirinks empirinės medžiagos.

Dabartinis problemos stovis.

Čia aprašytame tyrinėjime buvo paliesta du skirtingu objektu, būtent: Uranas ir 13 Ceti. Todel bendra problemos apžvalga savaime skyla į dvi dalis.

I.

Uranas.

1912 metais Lowell'is ir Slipher'is Flagstaff'e Arizonoje nustatė spektroskopiniu būdu Urano sukimosi greitumą[5]). Spektroskopo plyšis buvo užvestas ant planetos disko iš įvairių pozicijos kampų. Iš priežasties Doppler'io efekto spektro linijos pasirodė perkreiptos (paslinkusios iš vieno galo į raudoną pusę, iš kito — į vyšnevą). Iš to buvo surasta netik sukimosi greitumas, bet ir sukimosi ašies padėtis. Periodo ilgis išėjo lygus $10\frac{3}{4}$ val. arba $0^d.4479$. Paklaida galėjo siekti ½ valandos.

1917 metais Leon'as Campbell'is Harvardo observatorijoj tyrinėjo Urano šviesumą iš fotografinių plokštelių[6]). Jis rado, kad Urano šviesa keičiasi ribose 0 . 15 magnitūdos ir nustatė periodo ilgį $P = 0^d.451$. Šitas rezultatas gerai sutinka su Lowell'io ir Slipher'io daviniais. Šviesumo keitimasis turėtų būti išdava Urano paviršiaus nevienodumo. Šitas reiškinys nebuvo lauktas, nes

---

[5]) P. Lowell, Spectroscopie discovery of the rotation period. of Uranus.

V. M. Slipher, Detection of the rotation of Uranus. Lowell Observatory Bulletin, Nr. 53, 2, 17—20, 1912.

Taip pat yra referatai:

Naturwissenschaftliche Rundschau, 27, 352, 1912, Braunschweig.

Nature, 89, 277, 1913, London.

The Observatory *35*, 228—230, 1912, London.

Knowledge and Illustrated Scientific News, *9*, 231, 1912, London.

L'Astronomie, *26*, 405, 1912, Paris.

[6]) Variability of Uranus, Harvard Circular 200, 1917.

Campbell'is pradėjo darbą su tikslu patikrinti Saulės konstantos pastovumą.

Į šitų išvadų tikslumą galima žiūrėti įvairiai. Taip Russel'io astronomijos vadovėly prie progos yra pasakyta:[7]) „Nuostabus spektroskopinio periodo patikrinimas buvo suteiktas 1917 metais Leono Campbell'io fotometriniais stebėjimais, kurie nurodė Urano šviesos keitimąsi, siekiantį 0 . 15 magn. periode lygiame 10 val. ir 49 min. Galimas daiktas, kad tikra sukimosi periodo reikšmė bus gauta darant stebėjimus toliau".

Tačiau dar 1918 metais R. L. Waterfield paskelbė savo darbus, nurodydamas, kad Urano keitimosi amplitūda yra lygi tik 0.08 magnitūdos.[8]). Beveik tuo pačiu laiku E . E. Markwick paskelbė[9]), kad sulig jo stebėjimais nuo 1916 m. spalių mėn. 1 d. iki 1918 m. sausio 2 d. Urano šviesa buvo visiškai pastovi. Waterfild'as atsakė į tą savo straipsniu[10]), bet polemika prie jokios bendros išvados neprivedė.

Vėliau Wirtz'as[11]), padaręs ilgą stebėjimų eilę laikotarpy nuo 1921 m. liepos mėn. iki 1922 m. sausio mėn., negalėjo pastebėti jokios Urano sukimosi įtakos į jo šviesumą. Patikrinimo tikslu, Wirtz'as vienu laiku su Urano stebėjimais tuo pačiu metodu stebėjo Žiemių Žvaigždę (α Ursae Minoris, Polaris), kuri yra žinoma, kaipo periodinė kintamoji žvaigždė su maža keitimosi amplitūda. Šituo palyginimu Wirtz'as priėjo išvadą, kad jo metodo tikslumas visvien būtų permažas Urano šviesos atmainoms ištirti.

Maža to, Wirtz'as išstudijavo senus nepaskelbtus stebėjimus padarytus Müller'io 40 metų bėgyje, ir taip pat gavo neigiamą atsakymą, kas liečiant periodiškumą. Savarankius tyrinėjimus Wirtz'as tęsė 1922 ir 1923 metais ir vėl nerado jokio šviesos keitimosi[12]).

---

[7]) Henry Norris Russel, Raymond Smith Dugan and John Quincy Stewart, Astronomy, p. 397, Boston, 1926.

[8]) R. L. Waterfield, Uranus. Journal of the British Astronomical Association, *28*, 26, London.

[9]) E. E. Markwick, the Brightness of Uranus, ibidem, *28*, 219—221.

[10]) R. L. Waterfield, Note on Col. Markwick's Paper, ibid., *28*, 221 — 222.

[11]) C. Wirtx, Helligkeit und Rotations des Uranus. Astranomische Nachrichten, *216*, 437—442, 1922, Kiel.

[12]) C. Wirtz, Bemerkungen zur Helligkeit des Uranus. Ibidem, *223*, 159—160.

Rusijoje P. Parenago stebėjo Uraną su prizmatiniu binokliu ir radʼo periodą lygų $10^h\ 49^m\ 14^s$.[13])

1923 metais Tichovas paskelbė Urano spalvos tyrinėjimą. Surasta, kad spalvos atžvilgiu Uranas labiau siai atitinka žvaigždes tipo *G* 5.

1928 metų pradžioje Slavėnas paskelbė trumpą savo darbo santrauką[15]). Periodo ilgis buvo nurodytas lygus $0^d.4497$ dienos, kas gerai sutinka su Lowell'io ir Slipher'io išvada. Tačiau autorius pareiškė abejonės dėl stebėjimo medžiagos pakankamumo, o taip pat dėl palyginimo žvaigždės 13 Ceti pastovumo. Šitos išvados buvo be pasipriešinimo komentuojamos astronominėj spaudoj[16]).

Vienok, dar vasarą 1927 metų Lickʼo observatorijoj Stebbinsʼas ir Jacobsenʼas pradėjo fotometrinius Urano tyrinėjimus Saulės konstantai patikrinti ir tęsė tą darbą iki spalių mėn. 1927 metų. Instrumentas, pavartotas šį kartą, buvo *fotoelektrinis fotometras,* kuris savo tikslumu pralenkia visus kitus metodus.

Abudu tyrinėtoju rado[17]), kad Urano šviesa buvo visą laiką „praktiškai pastovi", nors galimoji stebėjimo paklaida, tyrinėtojų nuomone, negalėjo prašokti $\pm$ 0. 005 magnitūdos.

Šitoks rezultatas Slavėnui savo laiku nebuvo žinomas. Pilno prieštaravimo dar nėra, nes abidvi stebėjimo eilės buvo atliktos nevisiškai tuo pačiu laiku. Taip pat, efektivios šviesos bangos buvo skirtingos: todel galima būtų sakyti, kad Urano šviesos keitimasis reiškiasi tik tam tikroje spektro dalyje. Nors tokia hipotezė

---

[13]) P. Parenago. O jarkosti Urana. Russkij Astronomičeskij Žurnal. *4,* 191—201, 1927.

[14]) G. A. Tikhoff, La couleur des planetes Neptune et Uranus. Bulletin de l'observatoire central de Russie a Poulkovo, *8,* Nr. 87, p. 45.

[15]) A Photometric Study of Uranus, by Paul Slavėnas, Astronomische Nachrichten, *233,* 125—126, 1928.

[16]) Photometrische Untersuchungen des Planeten Uranus (referatas), Die Himmelswelt, *39,* 40, 1929.

Die Rotationszeit des Planeten Uranus (referatas), Die Sterne *7,* 219, 1928.

[17]) J. Stebbins and T. S. Jacobsen, Further Photometric Measures of Jupiter's Satellites and Uranus, with tests of the Solar Constant, Lick Observatory Bulletin *401,* 13, 180—195. Taip pat J. Stebbins and T. S. Jacobsen, Tests of the Solar Variation by Photometric Measures of Uranus, Publication of The American Astronomical Society, Vol. VI p. 32.

yra leistina, tačiau fotoelektriški tyrinėjimai verčia kritiškiau atsižvelgti į visokius surastus periodiškumus.

Nežiūrint į tą 1928 metais W. Becker apdirbo ir paskelbė[18]) vieno astronomijos mėgėjo p. Landwehr'io stebėjimus, apimančius laikotarpį nuo 1920 iki 1927 metų. Nors stebėjimai buvo atlikti su paprastu binokliu, tačiau didelis jų kiekis (1013) leidžia šį tą išgauti. Becker'is suvedė šituos stebėjimus į šviesos kreives, prisilaikant Campbell'io surasto periodo $P = 0^d.451$. Buvo mėginta gauti po vieną šviesos kreivę kiekvienai Urano opozicijai.

Pasisekimas nebuvo vienodas. Tuo tarpu, kai dėl penkių pirmų opozicijų (1920, 1921, 1922, 1923 ir 1924) kreivės išėjo labai abejotinos, trijų paskutinių opozicijų stebėjimai (1925, 1926 ir 1927) rodo periodišką šviesos keitimąsi visai panašiai, kaip gavo Campbell'is.

Darydamas bendrą problemos apžvalgą[19]), Becker'is priėjo išvadą, kad Urano keitimosi amplitūda nėra pastovi, bet pareina nuo įvairių kontrastų Urano paviršiuje, kurie eina tai didyn, tai mažyn. Šia prasme Campbell'io, Wirtz'o, Slavėno, Parenago ir Landwehr'io stebėjimai gali būti gerai suderinti. Apie fotoelektrinius Stebbins's ir Jacobson'o darbus nėra paminėta.

Bendrai imant, klausimas pasilieka neišaiškintas iki šiolei. Didžiausia kliūtis fotometriniam Urano tyrinėjimui yra mažas stebėjimų tikslumas. Dažnai vidutinė stebėjimo paklaida prašoka $\pm$ 0 . 1 magnitūdos. Fotografiniai stebėjimai yra ceteris paribus mažesnio tikslumo negu vizualiniai. Vartojant įvairius patobulinimus pavyksta tą paklaidą kiek sumažinti, bet paprastai nedaugiau kaip iki $\pm$ 0 . 06 magnitūdos.

Jei Urano (o taip pat žvaigždės 13 Ceti) šviesa būtų visiškai pastovi, tai autoriaus stebėjimų vidutinė paklaida išeitų apie $\pm$ 0 . 06 magnitūdos, kas yra įmanoma, atsižvelgiant į įvairius atmosferiškus bei techniškus trūkumus, nors buvo laukiama didesnio tikslumo. Priėmus visus hipotetiškus periodiškumus, kaipo tikrenybę, gautume vidutinę paklaidą lygią apie $\pm$ 0 . 05, kas mažai skiriasi nuo anos reikšmės. Iš čia matome, kad šviesumo

---

[18]) W. Becker. Die Helligkeit des Uranus in den Oppositionen 1930 — 27,
Astronomische Nachrichten, *235*, 85—90, 1920.

[19]) W. Becker. Der Lichtwechsel des Uranus.
Die Himmelswelt *39*, 129—135, 1929.

atmainos, jei ir vyksta tikrumoje, yra paskendusios stebėjimų paklaidose.

Vartojant fotoelektrinį fotometrą, vidutinė stebėjimo paklaida tam tikrose sąlygose gali būti mažesnė už ± 0.01 magnitūdos. Bet tokių instrumentų yra vos keli visame pasauly ir jie nuolat apkrauti įvairiais darbais. Fotoelektrinis fotometras turi savo trūkumus, kurie vis labiau pasireiškia, einant prie silpnesniųjų objektų. Tokiu būdu, jau apie septintą magnitūdą fotoelektrinis fotometras tikslumo atžvilgiu susilygina su kai kuriais kitais metodais, o toliau — net atsilieka nuo jų.

Didelis Becker'io tyrinėjimų trūkumas yra tas, kad Landwehr'io stebėjimai buvo sutvarkyti pagal jau išanksto paimtą periodą; naujo periodo nebuvo ieškota. Einant tokiu keliu, visvien kas nors turėtų išeiti paprasto supuolimo dėka. Tik trys stebėjimų grupės (iš septynių) davė šiokias tokias šviesos kreives; nepasisekimą su likusiomis keturiomis grupėmis Becker'is išaiškino, įvesdamas naują hipotezę (apie amplitūdos keitimąsi).

Galutinis problemos išsprendimas pasilieka ateities dalyku. Gali būti, kad visi surasti fotometrišku būdu periodiškumai yra tik fikcija, kuri glūdi pačių metodų trūkumuose. Bet ir šitame atvejuje visi iki šiolei padaryti Urano tyrinėjimai nenustos reikšmės, nes iš jų galima bus susekti metodų tikslumą ir jų pritaikymo ribas.

II

13 Ceti.

Šitos žvaigždės pavadinimas kilo iš Flamsteed'o katalogo. Bonno Apžvalgoj (Durchmusterung) ji yra pažymėta B.D. $-4^{\circ}62$ Apytikrė pozicija 1900 metų ekvinoksui yra $\alpha = 0^h30^m.1$, $\delta = -4^{\circ}9'$; regimas šviesumas — apie 5.3 magnitūdos.

1877 metais Dearborn'o observatorijoj Evanston'e garsus dvilypių žvaigdžių ieškovas Burnham'as pastebėjo greta šitos žvaigždės atstume 38" silpną ($12^m.5$) žvaigždę. Nuo to laiko 13 Ceti tapo žinoma, kaipo dvilypė žvaigždė β 490.[20]).

---

[20]) **Memoirs of the Royal Astronomical Society, *44*, 155, 1879; taip pat Burnham's General Catalogue *2*, 274, 1906.**

1886 metais G. W. Hough, toj pačioj observatorijoj, nustatė, kad pati šviesioji žvaigždė susideda taip pat iš dviejų žvaigždžių, matomų atstume 0″3 viena nuo kitos.[21]).

Šita pora buvo pažymėta Ho212, o jos komponentai raidėmis A ir B. Trečia, Burnham'o anksčiau surasta žvaigždė, yra žymima raide C.

Tokiu būdu 13 Ceti tapo žinoma kaipo trilypė žvaigždė. Vėliau paaiškėjo, kad pora 13 Ceti *(AB) C* = β 490 yra optinė, arba kitaip tariant, kad komponentos *C* artimumas yra tik regimas reiškinys. Visai kas kita yra su anksta pora Ho212 = 13 Ceti *AB*. Jau tik trims metams praėjus nuo jos atradimo, Burnham'as negalėjo šitos poros atskirti su didžiuoju Lick'o Observatorijos refraktorium. Bet, dar dešimčiai metų praėjus, Aitken vėl pamatė dvi atskiras žvaigždes *A* ir *B* atstume 0″ . 2 viena nuo kitos. Pora Ho212 pasirodė esant fizinė sistema. Pradžioje buvo spėjama, kad jos periodas yra apie 14 metų, bet neužilgo teko sumažinti šitą periodą dvigubai. Kada susirinko pakankamai stebėjimų, Aitken'as 1914 metais paskelbė sistemos 13 Ceti *AB* elementus.[22]). Periodas, lygus 6 .88 metams, yra palyginant su kitomis dvilypėmis žvaigždėmis, labai trumpas. Tik žvaigždė δ Equulei turi dar trumpesnį periodą, būtent 5,7 metų.

1907 metais Yerkes'o Observatorijos astronomai Frost ir Barret paskelbė, kad žvaigždės 13 Ceti *A* radialinis greitis gana žymiai svyruoja su periodu apie 2 dienas.[23]). Tokiu būdu šitas sistemos Ho212 komponentas pasirodė pats esąs spektroskopinė dvilypė žvaigždė 13 Ceti A'A″. Jau 1908 ir 1909 metais F . Fox surinko spektroskopinius davinius ir išskaičiavo sistemos 13 Ceti A' A″ elementus[24]). Žvaigždė 13 Ceti tapo žinoma kaipo trilypė sistema su komponentais A', A″ ir B.

Tolesnius spektroskopinius tyrinėjimus tęsė J. S. Paraskevopoulos: jis surinko visus jau padarytus stebėjimus, papildė šitą medžiagą savo stebėjimais ir padarė bendrą santrauką[25]). Pasirodė,

---

[21]) Astronomische Nachrichten *3*, 125, 1890.

[22]) Publications of the Lick Observatory *12*, 6, 1914

[23]) Astrophysical Journal *25*, 60, 1907.

[24]) Astrophysical Journal *27*, 375, 1908.

[25]) J. S. Paraskevopoulos, The Perturbations of the Orbit of the Spectroscopie Binary 13 Ceti, Astrophysical Journal *52*, 110, 1920.

kad sistemos 13 Ceti A'A″ elementai nėra pastovūs: jie keičiasi einant nuo vienos stebėjimų grupės prie kitos.

Paraskevopoulos pareiškė, kad spektroskopinėj poroj A'A įvyksta perturbacijos, kurių kaltininkė yra patikimiausiai žvaigždė 13 Ceti B. Tokiu būdu visas klausimas pateko į Dangaus Mechanikos sritį.

Vėliau, 1928 metais A. Pogo paskelbė savo tyrinėjimus, atliktus Yerkes'o Observatorijoj.[26]). Panašiai kaip Paraskevopoulos, Pogo padarė ištisą spektrografinių stebėjimų eilę ir išnagrinėjęs juos, atsižvelgdamas į kitų autorių darbus. Pogo rado, kad žvaigždės 13 Ceti A' radialinis greitumas kartais nukrypsta nuo teoretiškai apskaičiuotų reikšmių, — kad spektre pasirodo laikas nuo laiko tam tikri nenormalumai (kaip pav. nekurių linijų išsiplėtimas), ir kad greitumų amplitūda sistemoj 13 Ceti A' A″ svyruoja. Pogo mano, kad spektrogramos vaizduoja tiktai komponento A' spektrą: kitu gi du kūnu A″ ir B, dėl silpnos savo šviesos, turbūt nepalieka jokios žymės fotografinėj plokštelėj, arba bent palieka labai mažai.

Aiškindamas šituos reiškinius, Pogo iš pradžios grįžta prie Paraskevopoul'o hipotezės apie kūno B įtaką.

Pogo randa, kad žvaigždės B įtaka nėra pakankama perturbacijoms sistemoje A'A″ iššaukti. Be to prisideda dar kita aplinkybė, būtent, kad perturbacijos sistemoje A'A″ matomai nėra suderintos su sistemos AB periodu. Perturbacijų periodiškumas pasilieka neišaiškintas dėl davinių stokos.

Kaipo išvadą Paga nurodo dvi galimybes:

a) Jeigu fotografuotas spektras priklauso vien tik sistemai A = A'A″, tai perturbacijos pareina nuo fiziškų atmainų, įvykstančių vienoj iš žvaigždžių A' ir A″

b) Jeigu į fotografuotą spektrą patenka šviesa nuo vizualinio komponento B, tai pastarasis gali būti spektroskopinė dvilypė žvaigždė.

Ir viename ir kitame atvejuje 13 Ceti virsta labai nuostabi sistema. Leidus pirmą hipotezę, gautume trilypę žvaigždę, susidedančią iš ankštos poros A'A″ ir tolimesnio palydovo B; viena iš

---

[26]) Alexander Pogo, Spectrographic Study of the Multiple System Ho 212=13 Ceti AB.

The Astrophysical Journal *68*, 116—144, 1928.

poros A'A'' būtų alsuojanti (pulsuojanti) žvaigždė. Toki sistema jau būtų itin įdomi, nes visos, iki šiolei ištirtos, alsuojančios žvaigždės pasitaiko (su maža ir abejotina išimtimi) tiktai pavienios, ir todel jų masės nėra tikrai žinomos. Tuo tarpu tokios žvaigždės lošia svarbų vaidmenį įvairiose teorinės astrofizikos problemose, ir todel nors viena sistema, kurioje alsuojanti žvaigždė būtų dinamiškai surišta su kita žvaigžde, galėtų tarnauti kaipo raktas visai eilei klausimų spręsti.

Pagal antrą hipotezę, 13 Ceti esanti keturialypė žvaigždė, susidedanti iš dviejų spektroskopinių porų A'A'' ir B'B'' kurios apkeliauja viena apie kitą per 6 . 88 metus.

Visi spėliojimai apie tai, kad 13 Ceti gali būti kintamoji žvaigždė, gerai sutampa su Pogo iškeltomis hipotezėmis. Alsuojančios žvaigždės paprastai esti kintamos. Kitame atvejuje, jeigu 13 Ceti B yra spektroskopinė pora, šviesos keitimasis galėtų būti iššauktas periodiškais užtemdymais. Toki hipotezė kol kas negali būti patvirtinta, nes trūksta davinių. Tačiau reikia pastebėti, kad hipotetiškas žvaigždės 13 Ceti kintamumas, negali būti išaiškintas, kaipo išdava užtemimų sistemoj A'A'' Visi mėginimai gauti šviesos kreivę iš davinių $\bar{S}$ (tabelė VI), besinaudojant sistemos A'A''periodu, buvo be pasisekimo.

Tais pačiais 1928 metais Maggini paskelbė interferometrinį sistemos 13 Ceti AB tyrinėjimą.[27]). Maggini palygino savo stebėjimus su teoretiškai apskaičiuotais daviniais, kurie rėmėsi senais matavimais mikrometru. Prieštaravimai, kurie tuojau pasirodė, negalėjo būti išaiškinti vien tik stebėjimų paklaidomis. Tokiu būdu interferometriniai matavimai nurodo sistemoje AB perturbarcijas, kurių amplitūda svyruoja tarp 0''.026 ir 0''.040. Maggini nepriklausomai pasiūlė hipotezę, kad sistemoje 13 Ceti, be žvaigždžių A', A'' ir B, randasi dar ketvirtas nematomas kūnas, kurio įtaka nukreipia regimas sistemos komponentas A ir B iš jų vidutinės orbitos.

Susipažinus su Slavėno ir Maggini išvadomis, A. Pogo paragino astronomus fotometriškai stebėti žvaigždę 13 Ceti ir pasiūlė metodą, kuriuo būtų galima išaiškinti, katras komponentas

---

[27]) M. Maggini, Orbita del sistema β GC 314=13 Ceti dedotta da misure interformetriche,
Astronomische Nachrichten *233*, 97—104, 1928.

tikrumoje kinta (jeigu tik aplamai 13 Ceti yra kintamoji žvaigždė.[28]). Šiam tikslui fotometriniai stebėjimai turėtų apimti bent šešis artimiausius sezonus (nuo 1928 iki 1934 metų). Galima laukti, kad daugely observatorijų iki tam laikui bus nemažai padaryta.

Šios apžvalgos pabaigon paduodu sątrauką nustatytų žvaigždės 13 Ceti elementų.

Žvaigždės 13 Ceti elementai — Autoriai

Pavadinimai: 13 Ceti =
BD — 4°62 = β 490 =
H 212 = β *GC* 314 = *H.D.*3196

Vieta: 1900; $\alpha = 0^h30^m.1$, $\delta = 4°9'$

Regimas šviesumas: vizualinis		5.24	H. Draper'io katalogas
fotografinis		5.80	
Spektras		Go	
Paralaksas (trigonometrinis):		0″.053	Miller ir Pitman

Vizualinė pora 13 Ceti *AB*

Periodas	$P =$	6.88 metų	Aitken, Inklinacijos ženklą (+ar −) nustatė Paraskevopuolos
Periastro laikas	T	1905.27	
Ekscentricitetas	e	0.725	
Didžioji pusiauašis	a	0″.242	
Periastro ilgis	$\tilde{\omega}$	66°8	
Inklinacija	i	+53°45	
Mazgo pozicijos kampas	Ω	38°7	
Pozicijos kampas:		augantysis	

Komponentų A ir B regimas šviesumas (visualinis, apytikris): 5.6, 6.4 — Aitken

Spektroskopinė pora 13 ceti A'A".

Periodas	$P_1 =$	2ᵈ.08186	Pogo, 1927—28
Periastro laikas	$T =$	J.D.2425174.857	
Periastro ilgis	$\omega =$	215°5	
Ekcentricitetas	$e =$	0.022	
Greitumo pusiaukomplitūda	$k =$	37.1 km./sek.	
Didžiosios pusiauašies projekcija	*asini*	1070000 km.	

[28]) Alexander Pogo, 13 Ceti as A Variable Star, Popular Astronomy, *36*, Nr. 8, 1928.

Spektroskopinės poros A'A" masė	1.22 ⊙	Pogo
Komponento B masė	1.12 ⊙	
Spektroskopinės poros spektras	F_8	Adams
Absoliutinis poros A'A" šviesumas	3.8	Pogo

ABSTRACT.

A Photometric Study of the Planet Uranus.

The paper gives an extensive account of the photometric study of Uranus, carried out in 1927 — 1928 at the Yale University Observatory. The preliminary announcement of the principal results has been published in the Astronomische Nachrichten, B. 233, S. 125 — 126, 1928.

The observations were carried out by means of a rather small photographic camera, equipped with Zeiss' „Planar", 1:4.5, focal length F = 423 mm. Seventy five plates were secured. On account of bad atmospheric conditions (in most cases, the dew) many of them came out badly, and were rejected in the course of the discussion.

Eight exposures, each lasting 4 minutes, were taken on each plate. Two different apertures, by means of an „Iris" diaphragm, were alternately used, so as to obtain the images, differing in their intensity by one stellar magnitude. Only one star, namely 13 Ceti (1900, $\alpha = 0^h.30^m.1$, $\delta = -4^\circ 9'$) was selected as the comparison star. Each plate after the first four exposures was reversed in the plateholder; thus the images of Uranus were brought close to the images of the comparison star.

The subsequent measurement of the photographic images was performed by Schilt thermoelectric microphotometer, constructed by Doctor J. Schilt himself at Yale Observatory.

The important moments of the study are recapitulated in the six tables and six diagrams.

Table I gives the list of the observations in chronological order: its content scarcely needs explanation. The notations adopted in the third column are: *g* — good, *f* — fair, *p* — poor. The fourth column gives the zenith distance of the optical axis of the camera, read by means of a protractor supplied with a plumb line.

Table II and III contain the results of the microphotometric measurement. Colums 4 — 11 give the arithmetic means of the galvanometer readings for different photographic images. Each of these columns bears at the head line its own distinct notation: the letter U means the image of Uranus, and S — of the comparison star; the indices 1 or 2 signify the half of observation, at which the corresponding image was taken (before or after reversing the plate); the apostrophe (') denotes the image obtained with reduced aperture.

The reduction has been made by means of formulae (3) and (4). The first four images of Uranus were combined with the last four of the comparison star, and conversely: the last four images of Uranus, with the first four of the comparison star. Each of these two groups of images furnishes the magnitude difference between Uranus ant the comparison star. The arithmetic mean of these data, denoted by δ, is given in colum 13. The magnitude difference Δ between the reduced and the normal aperture may be assumed to be equal unity. The value $\frac{k}{100}$ defined by (9) and (6) iš adopted as a relative measure of the precision, with which δ is obtained.

In the course of measurement the microphotometer was readjusted many times. Hence the material given in table II is by no means homogeneous as far as precision of results in concerned. About Jan. 10, 1928 the sensitivity of the microphotometer was highly improved. The measurements carried out since that time, are listed separately in table III. The plates fogged or having some other defects were discarded and not entered in table III. The reduction has been performed in two different ways: this was done to evaluate certain sources of error. The schema of reduction given by (3) and (5) is nearly the same as that used for table II. Another scheme is given by (3') and (4'): here those images of Uranus and of the comparison star are combined, which have been taken at the same half of the observation. Both ways of reduction should lead to the same value of δ provided the relationship (1), between microphotometer reading D and magnitude m, is valid for the whole plate. This is nearly so, as we see from the data of columns (13) and (15). The data of columns (12), (14)

and (16) indicate in different ways the relative quality of the plates.

In the course of the discussion it became doubtful, whether the comparison star 13 Ceti is not a variable. Then the additional measurement was undertaken; the results are given in table IV. This time the stars 4 Ceti and 14 Ceti (denoted in the table by S_1 and S_2, respectively) were chosen as the comparison stars. The value of U, given in the 16-th column, represents the arithmetic mean of the magnitude differences between Uranus and each of the new comparison stars. These data can scarcely be as accurate as the previous results, given in table III, since the images of the new comparison stars are not so favorably distributed on the plates, as it was in the case of 13 Ceti.

Table V contains the data for the final reduction of observations. The second and the third columns give the heliocentric time correction computed according to formulae (16) and (15) respectively: either may be used equally well in the case considered. The fourth column gives the magnitude reduction to the „mean opposition" of Uranus.

Table VI contains the materials for plotting the light curves. The values of U and $\bar{U}'$ have resulted from ϑ (Table III, Column 13) and U (Table IV, Column 16) respectively. Thus $\bar{U}$ shows the magnitude difference between Uranus and 13 Ceti; U' — between Uranus and two other comparison stars. In the fifth column the value of $\bar{S}$,

$$\bar{S} = \bar{U}' - \bar{U},$$

should give the magnitude of 13 Ceti minus the mean magnitude of two other comparison stars.

If 13 Ceti is not a variable, somewhat more reliable information about the change in the light of Uranus can be obtaned from the arithmetic mean $\bar{U}''$,

$$\bar{U}'' = \frac{\bar{U} + \bar{U}'}{2},$$

given in Column 6.

Fig. I represents the frequency curve for the value of $\bar{U}$ listed in Table VI, Column 3. In Fig II the values of $\frac{k}{100}$ (Table III,

Column 12) are plotted against $\bar{U}$. On the ground of this diagram it was diceded to reject all the plates, for which

$$\frac{k}{100} \leqq 5.$$

This was one of the criteria used to select the most reliable observations. The plates nos. 19, 42 and 75 had been previously rejected in view of the remarks given in Table I. A few other plates were discarded, since the values of τ or λ appeared abnormally large.

Figures IV, V and VI give the light curves derived from various data by using different periods. The curves are drawn from the normal places, each of which was derived from four observations. In all three cases the epoch adopted for the zero phase is the same, namely J. D. 2425170 . 0.

A satisfactory curve could not be obtained for the data $\bar{U}$, listed in Column 3, Table VI. If 13 Ceti is not a variable, then the curve of Fig. IV is merely a matter of coincidence; in this case the light curve of Uranus is given by Fig. VI. In the opposite case Fig. III best represents the light variation of Uranus. However, the scarcity of the data makes it impossible to draw any definite conclusion.

At the end of the paper the literature on the subject is thoroughly discussed and emphasis is placed upon the need of further study to clear up the questions which have arisen.

TABLE I.

1	2	3	4	5	6
Plate nos.	Time of Observation (G. C. T.)	Seeing	ζ	Reference nos. (Tables II, III, IV)	Remarks
	1927				
3	Sep., 6d 5h 0m — 5h 50m	g	46⁰— 45⁰	2;123;—	
4	„ 7 5 45 6 30	p	45 — 44	—	Clouds
5	„ 17 3 25 4 10	g	50 — 45	3,68,99; —	Moonlight
6	„ 18 1 55 2 50	g	67 — 57	4,69;—	
7	„ 22 4 20 5 10	g	45 — 44	5,70;130;181	
8	„ 23 3 35 4 25	g	49 — 45	6,77;151;169	
9	„ „ 4 35 5 25	g	45 — 44	7;136;200	
10	„ „ 5 40 6 30	f	45 — 49	8,79;150;177	Last three exposures taken without guiding; dew
11	„ 24 4 25 5 10	g	45 — 44	9,101;114;198,201	
12	„ „ 6 45 7 30	g	50 — 56	10,76;152;202	
13	„ 25 4 0 4 45	g	47 — 45	11,90;154;199	
14	„ „ 4 55 5 50	g	45 — 46	12,94;157;176	Dew
15	„ „ 6 10 7 0	g	47 — 53	13;132;175	Dew
16	„ 26 2 35 3 25	f	55 — 49	14;119;195	Seventh exposure interrupted by sudden flash of light in the city; one additional
17	„ „ 3 50 4 35	g	46 — 45	15,98;—	Dew [exposure taken
18	„ „ 5 50 6 35	f	46 — 41	—	Excessive dew; no guiding
19	„ 27 2 15 3 5	f	57 — 51	16,80:149;—	A thin cloud near the field at the end of observation
20	„ „ 3 35 4 25	p	51 — 45	17,78;—	Seeing fair at the start; thin clouds at
21	Oct. 1 1 10 1 55	g	67 — 57	—	times; dew
22	„ „ 2 10 2 55	g	57 — 51	18;109;—	
23	„ „ 3 15 4 0	g	47 — 45	19;108;—	Dew
24	„ „ 4 15 5 0	f	44 — 45	20;120;—	Excessive dew, no guiding
25	„ „ 5 15 6 0	g	45 — 49	21;122.—	„ „ „ „

1	2	3	4	5	6
Plate nos	Time of Observation (G. C. T.)	Seeing	ζ	Reference nos. (Tables II, III, IV)	Remarks
	1927				
26	Oct. 2 2 50 3 35	*g*	49^0 — 45^0	22,27;106;—	
27	„ „ 3 50 4 35	*g*	45 — 44	23;126;—	Dew increasing
28	„ „ 4 50 5 40	*g*	44 — 47	24;140;—	Excessive dew; no guiding
29	„ 3 2 25 3 15	*g*	53 — 47	25;141;—	Strong light in the town
30	„ „ 3 35 4 20	*g*	46 — 44	26,91;155;—	Dew
31	„ „ 4 35 5 20	*g*	44 — 46	28; —	Dew; no guiding
32	„ „ 5 30 6 20	*g*	47 — 52	29;104;—	Dew decresing
33	„ 5 2 25 3 10	*g*	50 — 46	30;124;—	Moonlight
34	„ „ 4 35 5 25	*g*	44 — 47	31;133;179	
35	„ „ 5 35 6 25	*g*	48 — 53	32;117;193	
36	„ 6 3 10 4 5	*g*	47 — 44	33;105;204	Moonlight
37	„ „ 4 15 5 0	*g*	44 — 45	34;139;186	Moonlight
38	„ „ 5 10 5 55	*g*	46 — 50	35;135;185	Dew increasing
39	„ 16 1 40 2 20	*g*	51 — 47	36,83;146;167	Finished just before moonrise
40	„ 17 2 10 2 55	*f*	48 — 46	37,74,86;161;—	Dew; no guiding after 6-th exposure
41	„ „ 3 10 3 55	*p*	45 — 45	38;118;—	Excessive dew, no guiding; moonrise
42	„ 23 1 0 1 45	*g*	53 — 45	39;142;—	Thin clouds approaching
43	„ „ 1 55 2 20	*g*	47 — 45	—	Clouds
44	„ 26 1 35 2 20	*g*	48 — 45	40;111;190	
45	„ „ 2 25 3 10	*g*	45 — 44	41,81;148;171	
46	„ „ 3 20 4 10	*g*	45 — 48	42;128;196	
47	„ 27 1 40 2 25	*g*	47 — 45	43;137;—	A sudden flash of light in the town at 2^h 20^m
48	„ „ 2 30 3 15	*g*	44 — 45	—	
49	„ „ 3 20 4 5	*g*	45 — 48	44;—	
50	„ 28 0 25 1 10	*f*	55 — 49	45,93;—	Thin clouds possible; dew
51	„ 29 1 0 1 45	*g*	49 — 45	46;143;203	
52	„ „ 1 50 2 30	*g*	45 — 44	47;131;180	Thin clouds sometimes outside of the field
53	„ „ 2 40 3 20	*g*	44 — 45	48,103;110;	

1	2						3	4	5	6
Plate nos	Time of Observation (G. C. T.)						Seeing	ζ	Reference nos. (tables II, III, IV)	Remarks
	1927									
54	Oct.	29	3	30	4	15	*g*	46^0 — 49^0	49,71,89;153;170	
55	"	30	1	25	2	15	*g*	47 — 44	50,73,87;162;172	
56	"	"	2	20	3	0	*g*	44 — 45	51;134;174	
57	"	"	3	10	3	55	*g*	45 — 48	52,92;156;194	
58	"	"	4	0	4	45	*g*	48 — 53	53,72;88;160;178	
59	"	31	1	15	2	0	*g*	48 — 45	54,96;112;191	
60	"	"	2	5	2	50	*g*	45 — 44	55,95;158;166	
61	"	"	2	55	3	40	*g*	45 — 47	56;129;182	
62	"	"	3	45	4	30	*g*	47 — 52	57;107;189	
63	Nov.	2	1	45	2	25	*g*	45 — 45	58;144;187	Dew; moonlight
64	"	14	0	55	1	35	*g*	46 — 45	1,59;121;165	
65	"	"	2	50	3	30	*g*	48 — 52	60;125;184	Moonlight
66	"	19	23	35	24	20	*g*	51 — 47	61,82;147;197	
67	"	20	0	30	1	15	*g*	46 — 45	—	
68	"	"	1	20	2	5	*g*	45 — 47	—	
69	"	"	2	10	2	55	*g*	47 — 51	62,84;—	
70	"	21	1	55	2	40	*g*	46 — 49	63,75,85;145;188	
71	"	"	2	45	3	35	*g*	50 — 56	64;138;164	
72	"	26	0	5	0	50	*g*	46 — 44	65,97;159;168	
73	"	"	1	0	1	45	*g*	45 — 47	66;127;183	
74	"	"	1	50	2	35	*g*	47 — 51	—	
75	"	"	23	5	24	0	*g*	50 — 46	67;116;—	Thin clouds at times.
76	Dec.	17	22	50	23	30	*g*	46 — 44	102;115;192	
77	"	"	23	40	24	30	*g*	45 — 48	100;113;163,173	

TABLE II.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
No.	Time of measurement	Plate no.	U_1	U_1'	U_2	U_2'	S_1	S_1'	S_2	S_2'	$\frac{k}{100}$	δ
1	1927 Dec. 5	64	2930	3180	2750	3010	2560	2935	2725	3130	6	+0.40
2	" "	3	3210	3515	3280	3560	3170	3525	3110	3470	6	+0.22
3	" "	5	2670	2815	2520	2670	2470	2635	2520	2770	3	+0.38
4	" "	6	3260	3345	3260	3360	3160	3295	3230	3335	2	+0.46
5	" "	7	3790	3250	2750	3305	2655	3060	2545	3145	10	+0.34
6	" 6	8	2970	3280	3180	3425	2995	3355	2820	3235	6	+0.34
7	" "	9	3250	3705	3360	3820	3180	3700	2990	3535	9	+0.37
8	" "	10	3350	3755	3400	3765	3230	3680	3140	3645	8	+0.33
9	" "	11	3405	3760	3370	3645	3255	3560	3120	3630	6	+0.41
10	" "	12	3340	3655	3325	3595	3070	3520	2970	3495	7	+0.54
11	" "	13	2980	3370	3080	3410	2860	3315	2720	3260	8	+0.40
12	" "	14	2980	3330	3240	3465	2915	3325	2675	3250	6	+0.57
13	" "	15	2950	3105	2865	3145	2485	3075	2795	3065	5	+0.49
14	" 7	16	2930	3150	3045	3210	2930	3190	2760	3065	5	+0.40
15	" "	17	3320	3430	3280	3405	3265	3420	3095	3390	3	+0.33
16	" "	19	2895	3140	3030	3205	2870	3170	2870	3150	5	+0.22
17	" "	20	3000	3195	3215	3325	3005	3270	2895	3165	4	+0.50
18	" "	22	2670	2780	2620	2690	2570	2695	2560	2750	2	+0.35
19	" "	23	2670	2780	2730	2780	2695	2770	2675	2785	1	+0.16
20	" "	24	2875	2970	2900	2950	2820	2915	2875	2960	1	+0,42
21	" "	25	2860	2910	2920	2950	2875	2920	2850	2905	1	+0.57
22	" "	26	2635	2735	2680	2755	2615	2740	2555	2685	2	+0.48
23	" "	27	2500	2590	2515	2570	2450	2540	2460	2575	1	+0.41
24	" "	28	2645	2730	2710	2770	2665	2765	2620	2710	2	+0.28
25	" "	29	2715	2825	2845	2915	2755	2910	2610	2825	2	+0.37

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
No.	Time of measurement	Plate no.	U_1	U_1''	U_2	U_2'	S_1	S_1'	S_2	S_2'	$\frac{k}{100}$	δ
	1927											
26	Dec. 7	30	2580	2700	2590	2635	2475	2640	2525	2720	2	+0.32
27	" "	26	2530	2650	2530	2670	2405	2655	2470	2590	3	+0.43
28	" "	31	2620	2735	2675	2725	2570	2715	2545	2735	2	+0.42
29	" "	32	2880	3040	2950	3075	2745	3020	2725	2990	4	+0.57
30	" "	33	2755	3005	2825	3035	2680	2975	2575	2935	5	+0.41
31	" "	34	2890	3210	2930	3255	2815	3185	2655	3140	7	+0.32
32	" "	35	3045	3340	3155	3410	2980	3350	2855	3300	6	+0.34
33	" "	36	2835	3155	2925	3170	2725	3070	2710	3080	6	+0.40
34	" "	37	2955	3250	2820	3180	2625	3135	2795	3145	7	+0.34
35	" "	38	3035	3340	3095	3380	2910	3285	2760	3240	6	+0.45
36	" 8	39	2700	3070	2805	3080	2630	3040	2525	2985	7	+0.31
37	" "	40	2745	2945	2795	2960	2670	2905	2655	2900	5	+0.38
38	" "	41	2635	2795	2690	2760	2535	2710	2615	2805	2	+0.43
39	" "	42	2675	2995	2785	3065	2760	3035	2490	2970	6	+0.18
40	" "	44	2730	3050	2770	3000	2625	2975	2570	2990	6	+0.30
41	" "	45	2805	3125	2885	3100	2770	3075	2620	3080	6	+0.28
42	" "	46	2630	3045	2790	2975	2590	2925	2475	2950	6	+0.38
43	" "	47	2935	3110	3030	3170	2930	3150	2790	3075	4	+0.36
44	" "	49	2655	2845	2650	2785	2590	2740	2560	2840	3	+0.29
45	" "	50	3210	3445	3250	3485	3305	3470	3115	3445	4	+0.03
46	" "	51	3865	4150	3935	4165	3745	4080	3610	4015	6	+0.53
47	" "	52	3680	4020	3820	4025	3630	3955	3500	3960	6	+0.40
48	" "	53	3110	329_0	3190	3290	3065	326_0	3010	3225	3	+0.47
49	" "	54	3540	3810	3615	3860	3495	3780	3360	3735	5	+0.43
50	" "	55	3265	3670	3400	3720	3190	3570	3035	3510	7	+0.48
51	" "	56	3345	3740	3540	3860	3390	3760	3120	3620	7	+0.37
52	" "	57	3120	3475	3255	3525	3060	3420	2915	3375	6	+0.42
53	" "	58	3260	3615	3400	3685	3190	3615	3030	3530	7	+0.38

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
No.	Time of measurement	Plate no.	U_1	U_1'	U_2	U_2'	S_1	S_1'	S_2	S'_2	$\frac{k}{100}$	δ
	1927											
54	Dec. 8	59	2910	3265	3090	3385	2880	3305	2695	3155	7	+0.40
55	„ „	60	2845	3185	2970	3280	2780	3130	2675	3100	6	+0.42
56	„ „	61	2965	3305	3065	3370	2855	3285	2740	3230	7	+0.38
57	„ „	62	—	—	3095	3325	2970	3290	—	—	—	—
58	„ „	63	2920	3240	3015	3245	2870	3190	2775	3145	6	+0.36
59	„ 9	64	2920	3195	3035	3230	2895	3185	2740	3125	5	+0.38
60	„ „	65	2800	3060	2920	3110	2765	3070	2640	3005	5	+0.37
61	„ „	66	2935	3105	3050	3245	2930	3200	2775	3115	5	+0.32
62	„ „	69	2745	2940	2830	2960	2710	2915	2630	2880	4	+0.44
63	„ „	70	2955	3170	3050	3225	2865	3170	2805	3135	5	+0.42
64	„ „	71	2845	3065	3045	3190	2910	3150	2745	3060	4	+0.33
65	„ „	72	2755	2975	2880	3040	2750	3010	2670	2940	4	+0.31
66	„ „	73	2880	3100	2935	3065	2850	3050	2800	3050	4	+0.29
67	„ „	75	2855	3050	2960	3085	2860	3040	2740	3040	3	+0.36
68	„ „	5	2820	2985	2755	2890	2720	2870	2695	2905	3	+0.37
69	„ „	6	3305	3405	3215	3365	3310	3410	3255	3390	2	−0.14
70	„ „	7	3165	3460	3335	3625	3275	3515	2965	3405	6	+0.33
71	„ 15	54	2405	2720	2360	2650	2115	2490	2135	2615	6	+0.54
72	„ „	58	1950	2425	2020	2380	1645	2215	1695	2355	9	+0.43
73	„ „	55	1925	2440	1660	2040	1420	1880	1685	2255	8	+0.43
74	„ 19	40	1335	1515	1320	1500	1250	1440	1255	1500	4	+0.29
75	„ „	70	2385	2865	2350	2860	1975	2665	2085	2770	11	+0.41
	1928											
76	Jan. 4	12	2875	3140	2820	3085	2540	3010	2670	3060	6	+0.46
77	„ „	8	2750	3020	2805	3095	2705	3020	2645	2970	6	+0.28
78	„ „	20	2045	2180	2170	2295	1975	2240	1970	2175	3	+0.44

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
No.	Time of measurement	Plate no.	U_1	U_1'	U_2	U_2'	S_1	S_1'	S_2	S_2'	$\frac{k}{100}$	δ
	1928											
79	Jan. 4	10	2795	3100	2800	3105	2610	3040	2640	3020	7	+0.34
80	„ „	19	2260	2440	2260	2465	2140	2420	2185	2430	4	+0.27
81	„ „	45	1935	2120	1880	2045	1790	2025	1870	2105	4	+0.23
82	„ „	66	2080	2275	2135	2350	1995	2295	1955	2245	5	+0.35
83	„ „	39	2030	2245	2020	2230	1940	2240	1905	2225	5	+0.20
84	„ „	69	1640	1750	1380	1550	1330	1480	1490	1700	3	+0.50
85	„ „	70	1850	2060	1780	1955	1660	1910	1715	2045	4	+0.33
86	„ „	40	1615	1705	1610	1710	1570	1690	1535	1675	2	+0.38
87	„ „	55	2260	2475	2205	2375	2020	2270	2125	2405	4	+0.55
88	„ „	58	2220	2450	2200	2400	1975	2330	2055	2395	5	+0.46
89	„ „	54	2345	2510	2575	2680	2460	2660	2230	2475	3	+0.40
90	„ 5	13	2490	2750	2445	2710	2275	2645	2240	2655	6	+0.44
91	„ „	30	1325	1405	1245	1295	1165	1310	1285	1410	2	+0.25
92	„ „	57	2085	2315	2090	2300	1985	2260	1925	2280	5	+0.32
93	„ 6	50	3410	3610	3425	3580	3495	3625	3400	3660	3	−0.25
94	„ „	14	4185	4590	4520	4790	4180	4705	3855	4490	8	+0.47
95	„ „	60	2800	3105	3070	3245	2765	3125	2595	3065	5	+0.56
96	„ „	59	2790	3110	2995	3235	2775	3150	2560	3040	6	+0.44
97	„ „	72	3525	3780	3705	3890	3560	3885	3410	3765	5	+0.25
98	„ „	17	4520	4610	4470	4610	4450	4655	4280	4580	3	+0.31
99	„ 9	5	3775	3985	3605	3810	3540	3750	3625	3915	4	+0 37
100	„ „	77	4005	4180	3840	3980	3665	3950	3855	4220	4	+0.34
101	„ „	11	4390	4590	4430	4570	4375	4575	4165	4485	4	+0.39
102	„ „	76	3765	2890	3705	3870	3585	3810	3620	3870	4	+0.45
103	„ „	53	2950	3025	2900	2950	2850	2965	2920	2995	2	+0.31

TABLE III.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
No.	Time of measurement	Plate no.	U_1	U_1'	U_2	U_2'	S_1	S_1'	S_2	S_2'	$\frac{k}{100}$	δ	τ	δ'	μ
	1928														
104	Jan. 11	32	2710	3060	2780	3125	2415	2980	2490	3005	8	+0.44	+0.12	+0.44	+0.03
105	" "	36	2650	3180	2535	3070	2085	2870	2310	3070	12	+0.42	+0.07	+0.42	−0.25
106	" "	26	2225	2320	2230	2385	2105	2360	2045	2260	3	+0.57	−0.20	+0.53	+0.30
107	" "	62	2675	3245	2755	3240	2310	3120	2295	3130	12	+0.39	+0.04	+0.39	+0.04
108	" "	23	2320	2520	2375	2495	2215	2480	2255	2480	4	+0.35	+0.10	+0.35	+0.04
109	" "	22	2440	2670	2300	2485	2190	2485	2360	2655	5	+0.20	+0.02	+0.18	−0.65
110	" "	53	2895	3130	2945	3120	2675	3100	2740	3030	5	+0.48	0.0	+0.51	+0.13
111	" "	44	2835	3270	2715	3185	2365	3140	2510	3220	11	+0.32	−0.01	+0.32	−0.18
112	" "	59	3140	3715	3180	3895	2690	3690	2695	3575	15	+0.40	0.0	+0.40	+0.10
113	" "	77	3820	4675	3835	4535	3200	4330	3315	4540	18	+0.38	+0.08	+0.38	−0.11
114	" "	11	3640	4380	3575	4380	3320	4185	2980	4165	17	+0.36	−0.09	+0.36	+0.04
115	" "	76	2900	3485	2895	3500	2405	3285	2390	3360	14	+0.44	+0.03	+0.44	−0.03
116	" "	75	2200	2620	2125	2510	1815	2350	1920	2610	9	+0.39	+0.12	+0.39	−0.29
117	" "	35	2625	3215	2575	3250	2195	3095	2225	3110	14	+0.34	0,0	+0.34	−0.03
118	" "	41	1725	2005	1750	1880	1455	1815	1665	2000	5	+0.42	+0.31	+0.32	−0.40
119	" "	16	2560	2995	2675	3115	2435	3095	2300	2960	11	+0.25	−0.02	+0.25	+0.23
120	" "	24	2200	2390	2160	2255	1940	2190	2155	2350	3	+0.52	+0.30	+0.37	−0.68
121	" "	64	2595	3110	2590	3150	2050	2970	2120	2980	13	+0.46	+0.02	+0.46	−0.01
122	" "	25	2115	2215	2195	2235	2075	2210	2110	2230	2	+0.39	+0.44	+0.38	+0.19
123	" "	3	3780	4555	3870	4665	3480	4505	3210	4355	18	+0.35	−0.05	+0.35	+0.15
124	" "	33	1680	2295	1800	2410	1455	2310	1415	2210	14	+0.28	+0.03	+0.28	+0.14
125	" "	65	1865	2530	1925	2585	1460	2380	1350	2400	15	+0.40	+0.02	+0.40	+0.05
126	" "	27	1345	1535	1315	1435	1110	1375	1220	1480	4	+0.54	+0.14	+0.50	−0.37
127	" "	73	2050	2605	2015	2400	1605	2325	1745	2470	11	+0.39	+0.05	+0.37	−0.19
128	" "	46	1905	2465	1890	2310	1395	2235	1560	2365	12	+0.39	+0.06	+0.38	−0.15
129	" "	61	2155	2675	2275	2740	1780	2610	1775	2600	12	+0.41	+0.07	+0.41	+0.08
130	" "	7	3350	3975	3220	4085	3035	3780	2830	3830	15	+0.36	−0.05	+0.36	−0.01
131	" "	52	4150	4715	4245	4650	3810	4500	3855	4620	11	+0.41	+0.12	+0.40	−0.04
132	" 12	15	2410	3015	2655	3130	2160	3045	2060	2950	13	+0.35	+0,07	+0.36	+0.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
No.	Time of measurement	Plate no.	U_1	U_1'	U_2	U_2'	S_1	S_1'	S_2	S_2'	$\frac{k}{100}$	δ	τ	δ'	μ
	1928														
133	Jan. 12	34	2260	2850	2240	2925	1955	2810	1740	2770	15	+0.32	—0.06	+0.31	+0.07
134	„ „	56	3250	4020	3325	4080	2850	3810	2755	3800	16	+0.41	+0.02	+0.41	+0.06
135	„ „	38	3035	3575	3100	3635	2690	3525	2590	3440	13	+0.40	—0.02	+0.40	+0.11
136	„ „	9	3615	4485	3705	4585	3305	4415	3225	4280	19	+0.30	—0.01	+0.30	+0.11
137	„ „	47	1865	2110	1935	2210	1660	2170	1600	2075	7	+0.41	—0.01	+0.41	+0.22
138	„ „	71	2160	2730	2390	2985	1920	2810	1810	2700	14	+0.35	+0.09	+0.35	+0.24
139	„ „	37	2410	2955	2300	2710	1910	2710	2035	2820	12	+0.35	—0.03	+0.34	—0.21
140	„ „	28	1605	1755	1730	1830	1585	1825	1490	1715	3	+0.43	+0.01	+0.48	+0.61
141	„ „	29	1695	1960	1930	2150	1710	2140	1555	1970	6	+0.27	+0.08	+0.30	+0.58
142	„ „	42	2080	2480	2055	2550	2015	2580	1725	2425	10	+0.19	—0.18	+0.17	+0.21
143	„ „	51	4455	4970	4430	4950	4060	4760	4015	4780	11	+0.48	—0.02	+0.48	—0.02
144	„ „	63	2130	2680	2145	2625	1720	2480	1815	2525	12	+0.42	+0.04	+0.41	—0.05
145	„ 16	70	2435	3055	2485	2980	2065	2865	2020	2970	13	+0.37	+0.05	+0.36	—0.03
146	„ „	39	2265	2960	2405	2920	2025	2905	1935	2845	14	+0.28	0.0	+0.28	+0.10
147	„ „	66	2410	3015	2565	3135	2165	2995	2015	2900	14	+0.36	+0.02	+0.36	+0.18
148	„ „	45	2290	2835	2270	2695	2060	2660	1940	2775	11	+0.27	—0.03	+0.28	—0.08
149	„ „	19	3005	3465	3090	3520	2660	3430	2845	3490	11	+0.28	+0.16	+0.28	—0.03
150	„ „	10	3590	4525	3685	4515	3325	4350	3100	4315	19	+0.30	—0.02	+0.30	+0.08
151	„ „	8	3495	4270	3685	4420	3340	4255	3195	4125	16	+0.28	+0.02	+0.29	+0.18
152	„ „	12	3720	4555	3825	4495	3110	4270	3115	4335	18	+0.45	+0.05	+0.45	+0.01
153	„ „	54	3805	4235	3940	4285	3520	4115	3455	4130	9	+0.52	+0.11	+0.51	+0.12
154	„ „	13	3270	4235	3390	4280	2870	4060	2650	4090	21	+0.34	+0.02	+0.33	+0.07
155	„ „	30	1770	2010	1760	1870	1495	1870	1650	2030	5	+0.35	+0.19	+0.29	—0.39
156	„ „	57	2855	3535	2985	3645	2525	3430	2420	3400	15	+0.39	+0.01	+0.38	+0.11
157	„ „	14	4020	4785	4310	5075	3605	4780	3570	4685	18	+0.40	+0.11	+0.41	+0.19
158	„ „	60	1995	2605	2190	2830	1685	2515	1505	2525	14	+0.45	+0.10	+0.44	+0.16
159	„ „	72	1640	2210	1870	2360	1505	2300	1285	2160	13	+0.31	+0.03	+0.30	+0.27
160	„ „	58	3095	3785	3070	3685	2520	3615	2580	3670	16	+0.36	0.0	+0.36	—0.06
161	„ „	40	1885	2220	2030	2290	1840	2245	1655	2180	7	+0.33	+0.02	+0.32	+0.30
162	„ „	55	3005	3745	3035	3645	2495	3370	2585	3425	14	+0.51	+0.04	+0.50	—0.04

TABLE IV.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
No.	Time of measurement	Plate no.	U_1	U_1'	U_2	U_2'	S_1				S_2				U
							I	I′	II	II′	I	I′	II	II′	
	1928														
163	Jan. 29	77	2525	3360	2735	3345	2375	3200	2520	3395	2545	3325	2670	3440	+0.08
164	„ 30	71	2000	2405	2205	2690	2060	2510	2040	2600	1930	2495	2120	2485	+0.06
165	„ „	64	2420	2895	2460	3000	2320	2905	2320	2995	2320	2950	2425	2945	+0.08
166	„ „	60	1855	2400	2145	2650	1870	2430	1910	2585	1850	2565	1865	2420	+0.12
167	„ „	39	2145	2615	2155	2640	1880	2580	1970	2600	2120	2655	2195	2650	+0.10
168	„ „	72	1415	1890	1670	2090	1590	2015	1470	1965	1390	1950	1685	2060	—0.02
169	„ „	8	3620	4305	3900	4570	3665	4315	3750	4510	3800	4555	3900	4480	—0.04
170	„ „	54	3865	4225	3980	4350	3940	4240	3780	4300	3745	4200	3750	4205	+0.19
171	„ „	45	2005	2460	1945	2335	1920	2360	1800	2310	1880	2310	1955	2360	+0.17
172	„ „	55	3250	3900	3245	3825	3200	3785	3220	3875	3140	3810	3205	3710	+0.10
173	„ „	77	3280	4060	3260	3905	3145	3895	3080	3920	3120	3855	3315	3945	+0.13
174	„ 31	56	3515	4260	3650	4285	3480	4205	3400	4195	3525	4265	3470	4175	+0.12
175	„ „	15	2290	2765	2510	2940	2015	2635	2255	2810	2460	2860	2375	2760	+0.21
176	„ „	14	3770	4450	4175	4870	3725	4570	3795	4605	3785	4550	3950	4665	+0.15
177	„ „	10	3810	4575	3805	4630	3855	4555	3565	4490	3705	4515	3860	4615	+0.07
178	„ „	58	3300	3900	3320	3930	3235	3850	3260	4010	3205	3905	3240	3850	+0.07
179	„ „	34	1995	2480	2050	2635	2005	2470	1765	2515	1925	2575	2035	2545	+0.09
180	„ „	52	4550	5070	4685	5040	4590	5075	4575	5060	4575	5035	4605	5030	+0.05
181	„ „	7	3530	4130	3610	4365	3575	4155	3240	4165	3550	4245	3565	4180	+0.08
182	„ „	61	1995	2400	2145	2560	2000	2530	1985	2450	1875	2440	2010	2470	+0.12
183	„ „	73	1760	2205	1675	2010	1545	2040	1715	2105	1605	2125	1590	2005	+0.15
184	„ „	65	1655	2200	1715	2310	1605	2200	1520	2205	1505	2180	1595	2220	+0.14
185	„ „	38	2940	3395	3100	3535	2920	3365	2980	3500	3045	3525	2960	3390	+0.07
186	„ „	37	2215	2715	2065	2470	2165	2670	1990	2405	1995	2510	2210	2645	+0.09

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
No.	Time of measurement	Plate no.	U_1	U_1'	U_2	U_2'	S_1				S_2				U
							I	I′	II	II′	I	I′	II	II′	
	1928														
187	Jan. 31	63	1880	2375	1915	2350	1830	2360	1930	2400	1800	2330	1920	2240	+0.06
188	„ „	70	2255	2805	2230	2705	2210	2720	2120	2675	2075	2635	2285	2660	+0.15
189	Feb. 1	62	2220	2815	2385	2870	2150	2800	2170	2730	2145	2725	2300	2765	+0.18
190	„ „	44	2200	2590	2085	2445	2045	2450	1955	2490	2055	2465	2150	2455	+0.18
191	„ „	59	2555	3195	2845	3510	2530	3245	2565	3390	2635	3405	2595	3245	+0.10
192	„ „	76	3505	4085	3520	4135	3535	4145	3390	4090	3390	3850	3405	4065	+0.14
193	„ „	35	3025	3600	3160	3770	3060	3680	2955	3675	2875	3730	3100	3695	+0.05
194	„ „	57	3310	3920	3365	4030	3290	3900	3185	3955	3165	3940	3305	3870	+0.11
195	„ „	16	2985	3365	3090	3550	3025	3425	2940	3385	3075	3460	3110	3455	+0.01
196	„ „	46	2055	2550	—	2330	1930	2320	1850	2395	1910	2435	1875	2285	+0.13
197	„ „	66	2795	3265	2965	3520	2885	3415	2725	3170	2685	3215	2955	3390	+0.14
198	„ „	11	3405	4105	3610	4335	3215	3950	3205	4135	3570	4125	3400	4075	+0.21
199	„ „	13	2770	3670	3070	3880	2705	3600	2745	3770	2900	3745	2965	3795	+0.08
200	„ „	9	3460	4290	3705	4565	3505	4340	3345	4280	3405	4315	3630	4380	+0.11
201	„ 2	11	3130	3815	3160	3865	2910	3625	2775	3685	3150	3680	3100	3720	+0.22
202	„ „	12	3160	3900	3240	3910	2900	3665	3060	3905	3000	3755	3160	3710	+0.22
203	„ „	51	3910	4370	3945	4465	3930	4440	3945	4485	3925	4405	3885	4380	0.0
204	„ „	36	2570	3130	2670	3220	2555	3055	2625	3205	2415	3065	2705	3205	+0.07

TABLE V.

1	2	3	4
Time of observation. J. D. (G. M. T.)	Time correction		Magnitude correction
	$T'_{\odot} - T$	$T_{\odot} - T$	$\overline{M} - M$
2425000+			
123.5	+0.0052	+0.0050	−0.212
133.5	56	54	206
143·5	57	56	202
153.5	57	57	202
163.5	56	56	206
173.5	52	54	212
183.5	47	50	223
193.5	40	44	235
203.5	33	37	250
213.5	24	29	267
223.5	15	19	285
233.5	+0.0005	10	304
243.5	−0.0005	0	322

TABLE VI.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Plate no.	Heliocentric time of observation J. D. (G. M. T.)	$\overline{U}$	$\overline{U}'$	$\overline{S}$	$\overline{U}''$	Phase for E=J. D. 2425170.0		
						$P_u = 0.4497$	$P_s = 0.4692$	$P' = 0.4479$
	2425000+							
3	129.731	+0.14	—	—	—	0.204	0.082	0.042
7	145.704	+0.16	−0.12	−0.28	+0.02	437	102	338
8	146.673	+0 08	−0.24	−0.32	−0.08	57	133	412
9	„ .714	+0.10	−0.09	−0.19	0.0	98	174	5
10	„ .760	+0.10	−0.13	−0.23	−0.02	144	220	51
11	147.706	+0.16	+0.01	−0.15	+0.08	191	228	101
12	„ .803	+0.25	+0.02	−0.23	+0.14	288	325	198
13	148.688	+0.14	−0.12	−0.26	+0.01	274	271	187
14	„ .730	+0·20	−0.05	−0.25	+0.08	316	313	229
15	148.780	+0.15	+0.01	−0.14	+0.08	366	363	279
16	149.631	+0.05	−0.19	−0.24	−0.07	317	276	234
19	150.617	+0.08	—	—	—	404	323	325
22	154.612	0.0	—	—	—	372	96	288
23	„ .657	+0.15	—	—	—	396	141	333
24	„ .699	+0.32	—	—	—	439	183	375

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Plate no.	Heliocentric time of observation J.D. (G.M.T.)	$\bar{U}$	$\bar{U}'$	$\bar{S}$	$\bar{U}''$	Phase for. E=J. D. 2425170.0 P_u=0.4497	P_s=0.4692	P'=0.4479
25	154.740	+0.19	—	—	—	30	244	416
26	155.640	+0.37	—	—	—	30	185	421
27	„ .681	+0.34	—	—	—	71	226	14
28	„ .725	+0.23	—	—	—	115	270	58
29	156.624	+0.07	—	—	—	115	231	61
30	„ .671	+0,15	—	—	—	162	278	108
32	„ .752	+0.24	—	—	—	243	359	189
33	158.622	+0.08	—	—	—	304	352	267
34	„ .714	+0.12	—0.11	—0.23	0.0	406	444	359
35	„ .756	+0.14	—0.15	—0.29	0.0	448	17	401
36	159.675	+0.22	—0.13	—0.35	+0.04	0	449	407
37	„ .699	+0.15	—0.11	—0.26	+0.02	42	21	1
38	„ .737	+0.20	—0.13	—0.33	+0.04	80	59	39
39	169.588	+0.07	—0.11	—0.18	—0.02	38	57	36
40	170.611	+0.12	—	—	—	161	142	163
41	„ .653	+0.21	—	—	—	203	184	204
42	176.562	—0.03	—	—	—	266	462	291
44	179.587	+0.10	—0.04	—0.14	+0.03	143	203	182
45	„ .621	+0.05	—0.05	—0.10	0.0	177	237	215
46	„ .661	+0.17	—0.09	—0.26	+0.04	217	277	255
47	180.590	+0.19	—	—	—	247	268	288
51	182.562	+0.26	—0.22	—0.48	+0.02	420	363	21
52	„ .595	+0.19	—0.17	—0.36	+0.01	3	396	54
53	„ .630	+0.26	—	—	—	38	431	89
54	„ .666	+0.30	—0.03	—0.33	+0.14	74	467	125
55	183.581	+0.29	—0.12	—0.41	+0.08	90	443	144
56	„ .617	+0.19	—0.10	—0.29	+0.04	126	10	180
57	„ .653	+0.17	—0.11	—0.28	+0.03	162	46	216
58	„ .687	+0.14	—0.15	—0.29	0.0	196	80	250
59	184.573	+0.18	—0.12	—0.30	+0.03	184	28	240
60	„ .607	+0.23	—0.10	—0.33	+0.06	217	62	274
61	„ .643	+0.19	—0.10	—0.29	+0.04	253	98	310
62	„ .677	+0.17	—0.04	—0.21	+0.06	287	132	344
63	186.591	+0.19	—0.17	—0.36	+0.01	402	169	19
64	198.556	+0.22	—0.16	—0.38	+0.03	225	404	338
65	„ .636	+0.16	—0.11	—0.27	+0.02	305	15	418
66	204.501	+0·11	—0.11	—0.22	0.0	324	249	13
70	205.598	+0.12	—0.10	—0.22	+0.01	72	408	214
71	„ .635	+0.10	—0.19	—0.29	+0.04	109	445	251
72	210.522	+0.05	—0.28	—0.33	—0.12	49	171	211
73	„ .560	+0.13	—0.11	—0.24	+0.01	87	209	249
75	211.484	+0·13	—	—	—	112	194	277
76	232.466	+0.14	—0.16	—0.30	—0.01	407	62	208
77	„ .505	+0.08	—0.20	—0.28	—0.06	446	101	247

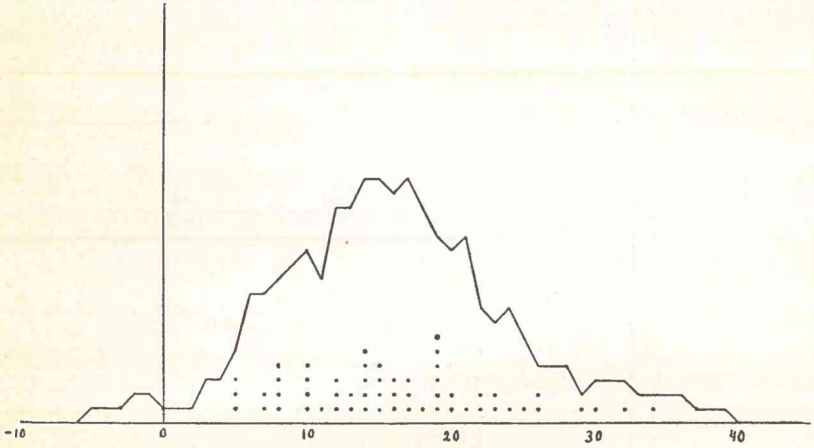

Fig. I. Frequency curve for $\bar{U}$.

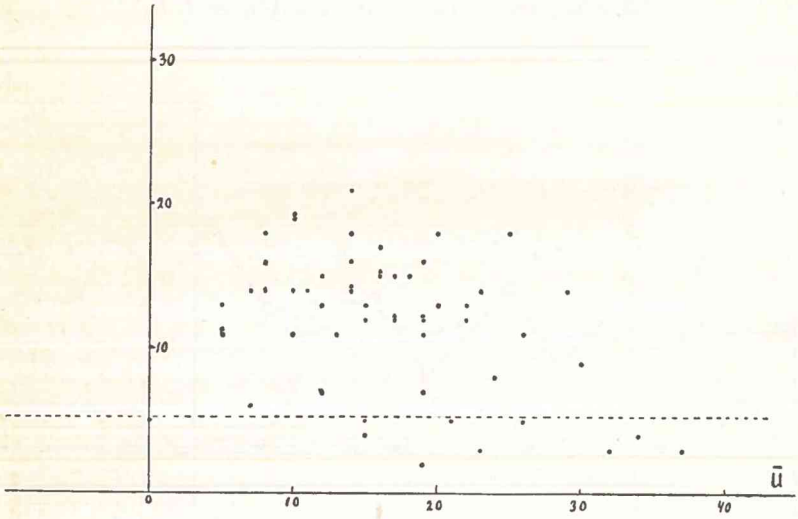

Fig. II. Diagram showing dependence of the dispersion in $\bar{U}$ upon k.

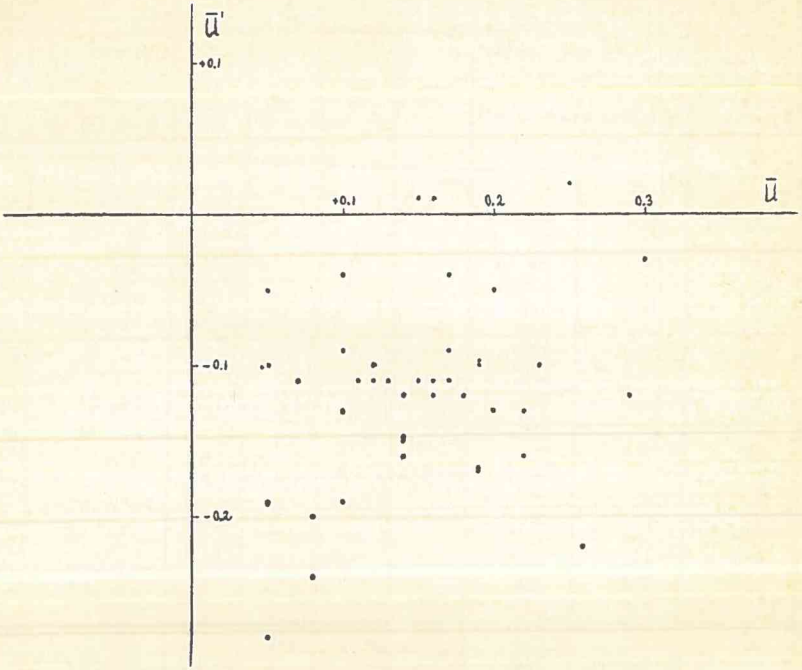

Fig. III. Diagram showing correlation between $\bar{U}$ ir $\bar{U}'$.

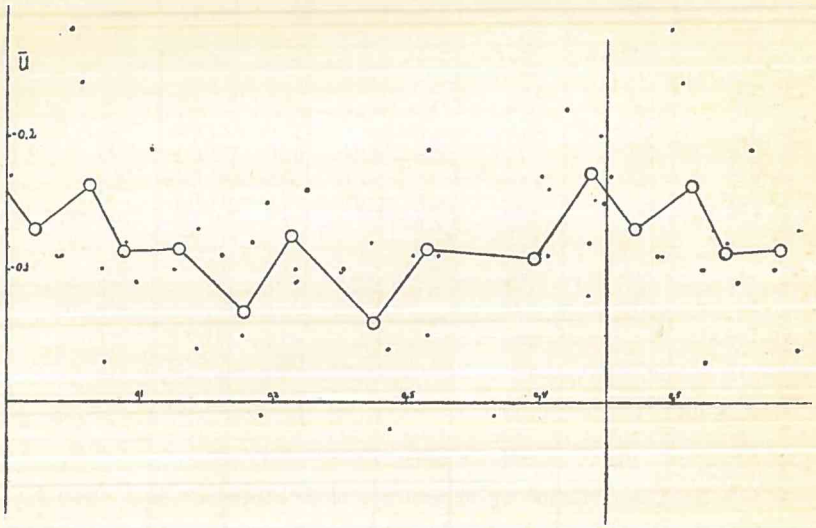

Fig. IV. Light curve of Uranus ($\bar{U}'$ plotted, E = J. D. 2425170.0, $P_u = 0^d\ 44971$)

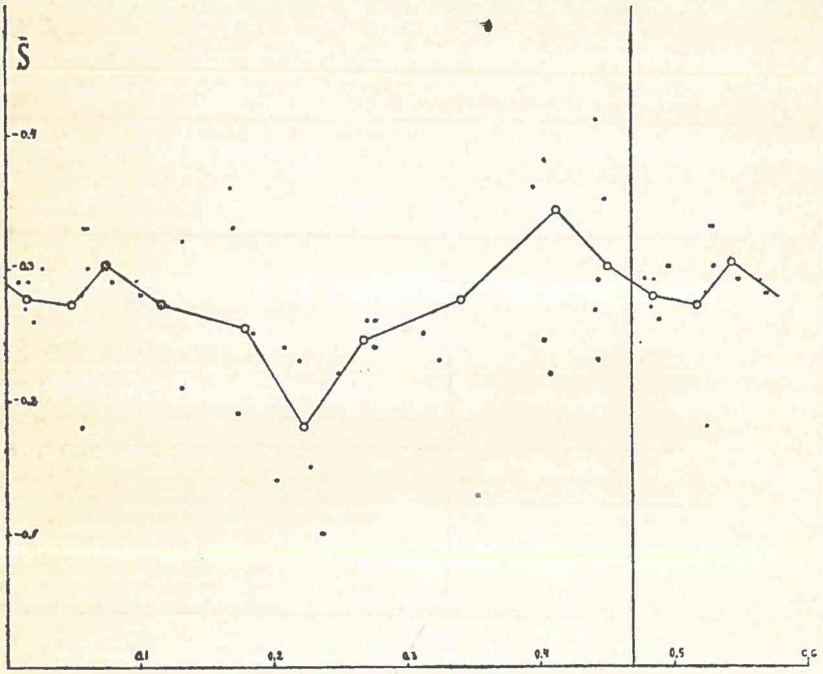

Fig. V. Light curve of 13 Ceti ($\bar{S}$ plotted, E = J. D. 2425170, $Ps = 0^d.4692$)

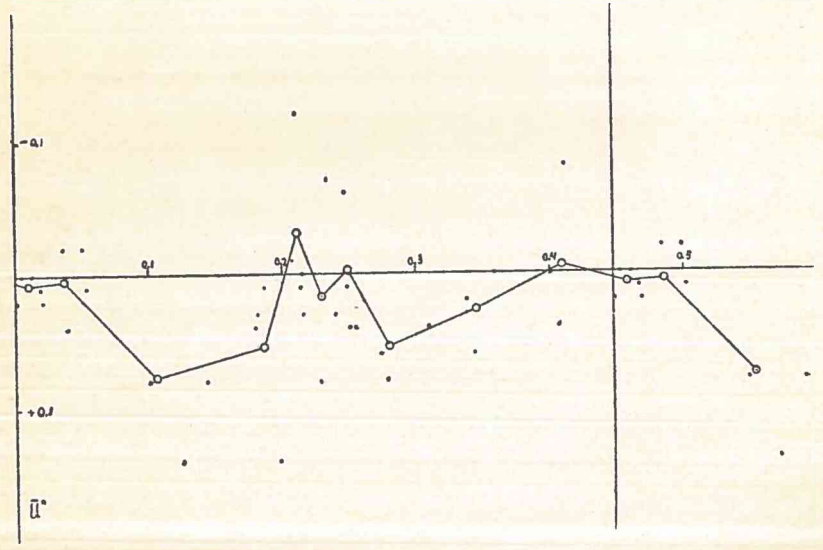

Fig. VI. Light curve of Uranus ($\bar{U}''$ plotted, E = J. D. 2425170.0, $P' = 0^d.4479$)

Vytauto Didžiojo Universiteto Matematikos-Gamtos Fakulteto leidiniai:

1. Matematikos-Gamtos Fakulteto Darbai I tomas 1922 m. 10.—
2. Matematikos-Gamtos Fakulteto Darbai II tomas 1923 m. 10.—
3. Matematikos-Gamtos Fakulteto Darbai III tomas 1924 — 1926 m. . . . . 20.—
4. Matematikos-Gamtos Fakulteto Darbai IV tomas 1927 — 1928 m. . . . . 25.—
5. *Prof. P. Matulionis.* Sumedėjusių augalų skirstymui medžiaga 1923 m. . . . . 3.—
6. *Prof. T. Ivanauskas.* Vadovėlis vabzdžiams rinkti 1924 m. 3.50
7. *Prof. K. Regelis.* Vadovėlis augalams rinkti 1925 m. 2.—
8. *Lab. A. Minkevičius.* Bulvių puvimo grybelis ir kaip su juo kovoti. 1926 m. . . . . —
9. *Prov. K. Grybauskas.* Paletrūnas oželinis 1926 m. . —
10. *Prov. K. Grybauskas.* Garstyčia baltoji 1926 m. . . . —
11. *Prov. K. Grybauskas.* Vaistingieji Lietuvos laukų augalai ir jų pritaikymas 1927 m. . . . . 5—
12. *Prof. V. Čepinskis.* Elektroninė valentingumo teorija 1928 m. . . . . 6.—
13. *Prov. K. Grybauskas.* Ramunėliai antroji laida 1928 m. 0.15
14. *Prov. K. Grybauskas.* Pipirmėtė antroji laida 1928 m. 0.20
15. *Asist. A. Žvironas.* 18 Fizikos praktikos darbų 1928 m. 2.—
16. *Prov. K. Grybauskas.* Ybiškė švelnioji 1928 m. . . . 0.50
17. *Prof. O. Volk'as.* Paprastųjų ir dalinių diferencialinių lygčių teorijos paskaitos 1929 m. . . . . 20.—
18. *Prof. F. Butkevičius.* Elementarinis kokybinis analizis 1929 m. . . . . 20.—
19. *Prof. V. Čepinskis.* Cheminė pusiausvyra II dal. 1930 m. 15.—
20. *Prof. V. Čepinskis.* Chemijos kinetika ir fotochemija III dal. 1930 m. . . . . 15.—
21. Matematikos-Gamtos Fakulteto Darbai V tomo 1 sąsiuvinys 1930 m. . . . . 15.—
22. *Prof. F Butkevičius.* Retųjų elementų kokybinis analizis 1931 m. . . . . 5.—
23. *Prof. T. Ivanauskas.* Vadovėlis Lietuvos paukščiams apibūdinti 1931 m. . . . . 10.—
24. Matematikos-Gamtos Fakulteto Darbai V tomo II-as sąsiuvinys 1931 m. . . . . 15.—

Matematikos-Gamtos Fakulteto leidinių galima pirkti Lietuvos Mokytojų Profesinės Sąjungos Knygyne „SPAUDOS FONDAS" Kaunas, Laisvės Alėja 60 Nr.